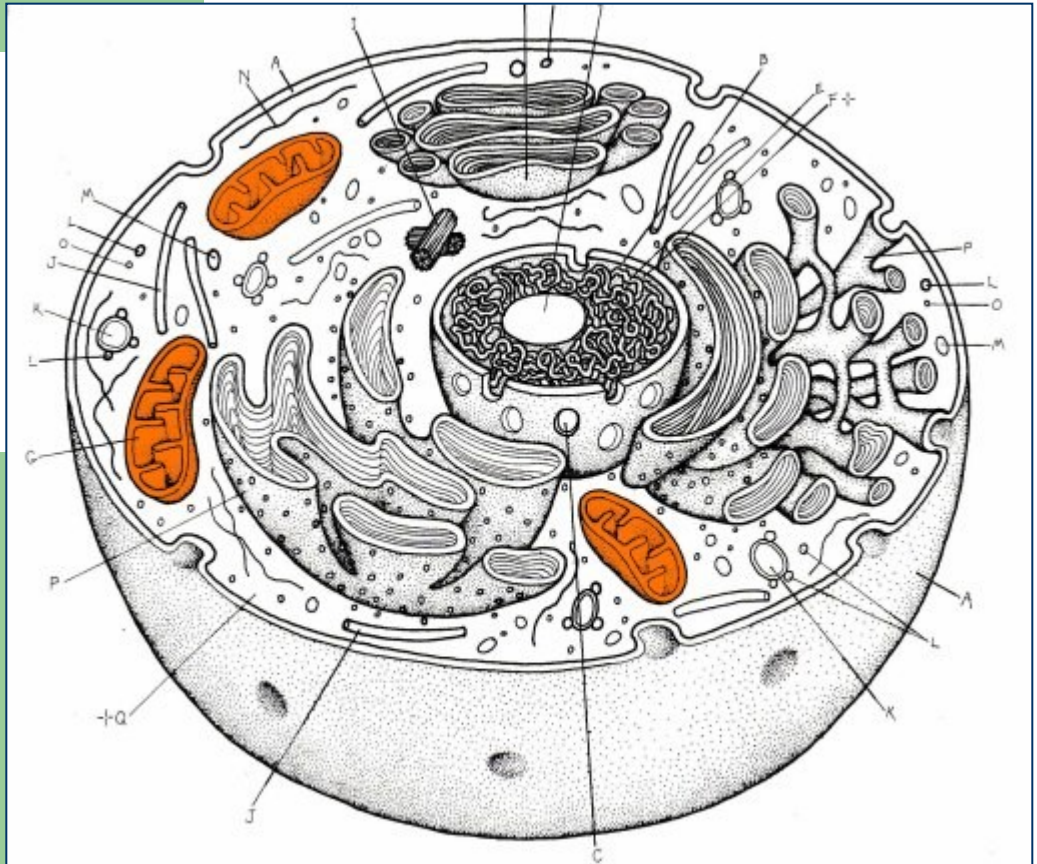


# Buňka



Základní funkční a morfologická jednotka mnohobuněčného organismu, schopná samostatné existence in vitro za vhodných podmínek

# Stavba buňky

## Buněčná membrána

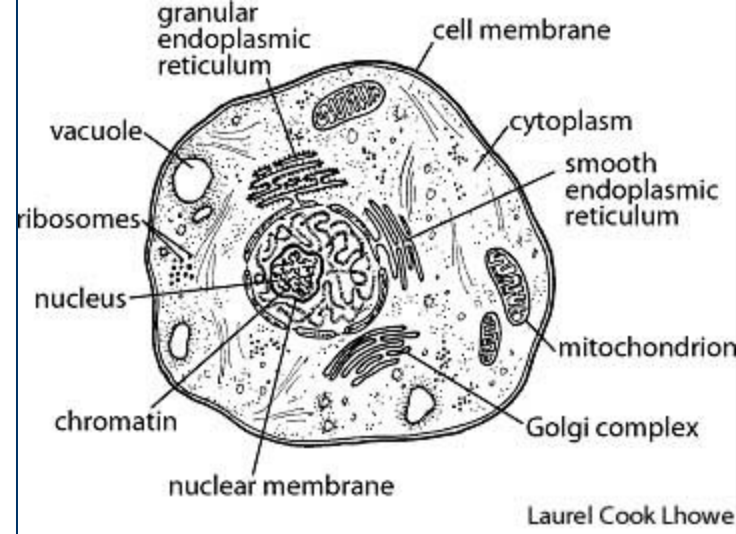
BUŇKA

Protoplasma

cytoplazma

jádro

cytosol  
organely  
cytoskelet  
inkluze



# Přednáška: cytologie 2

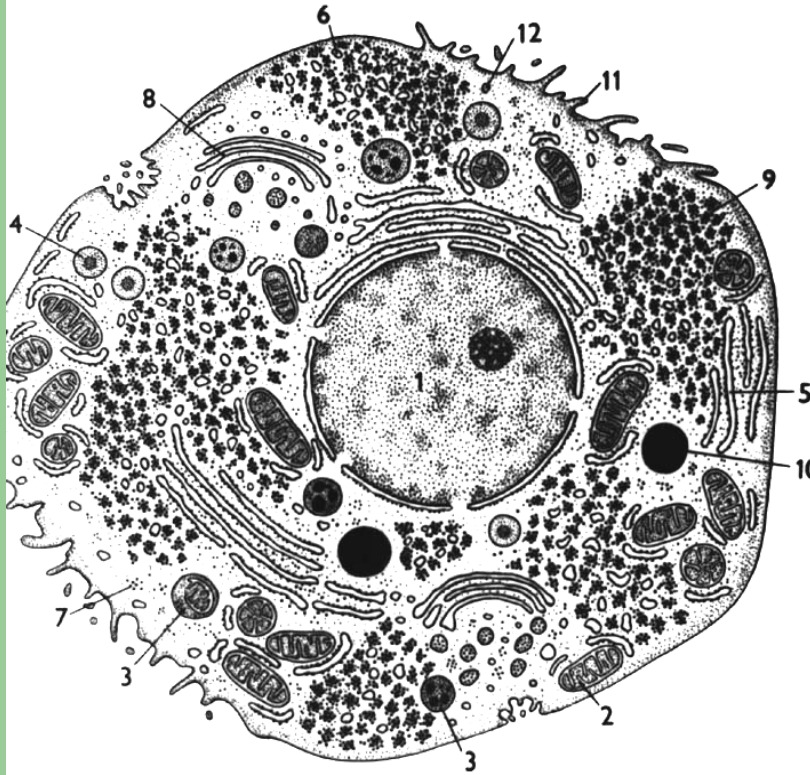
- Buněčné organely
- Buněčné inkluze
  
- Povrch buňky
- Mezibuněčná spojení

# Buněčné organely

- **jsou konstantní součástí cytoplazmy**
- **mají specifickou strukturu**
- **vyžadují přísun energie k vykonávání svých funkcí**



# Buněčné organely



## Membránové

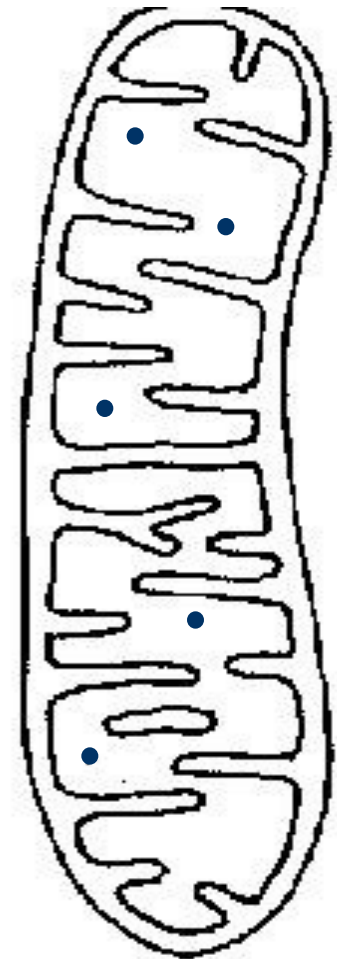
- Mitochondrie
- Endoplazmatické retikulum
- Golgiho aparát
- Lyzosity a endosomy
- Peroxysomy

## Bez membrány

- Ribosomy
- Centrioly

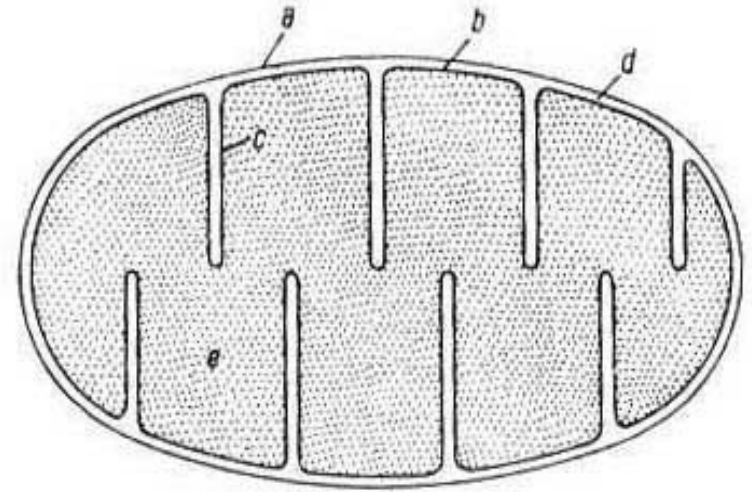
# Mitochondrie

- Tvar: kulatý, oválný (až vláknitý)
- Velikost:  $\varnothing$  0,5  $\mu\text{m}$ , protáhlé 1-10  $\mu\text{m}$
- Počet: různý dle metabolické aktivity buňky a jejich nároků na dodání energie  
(*např. v jaterní buňce 1000 – 2000 mitochondrií*)



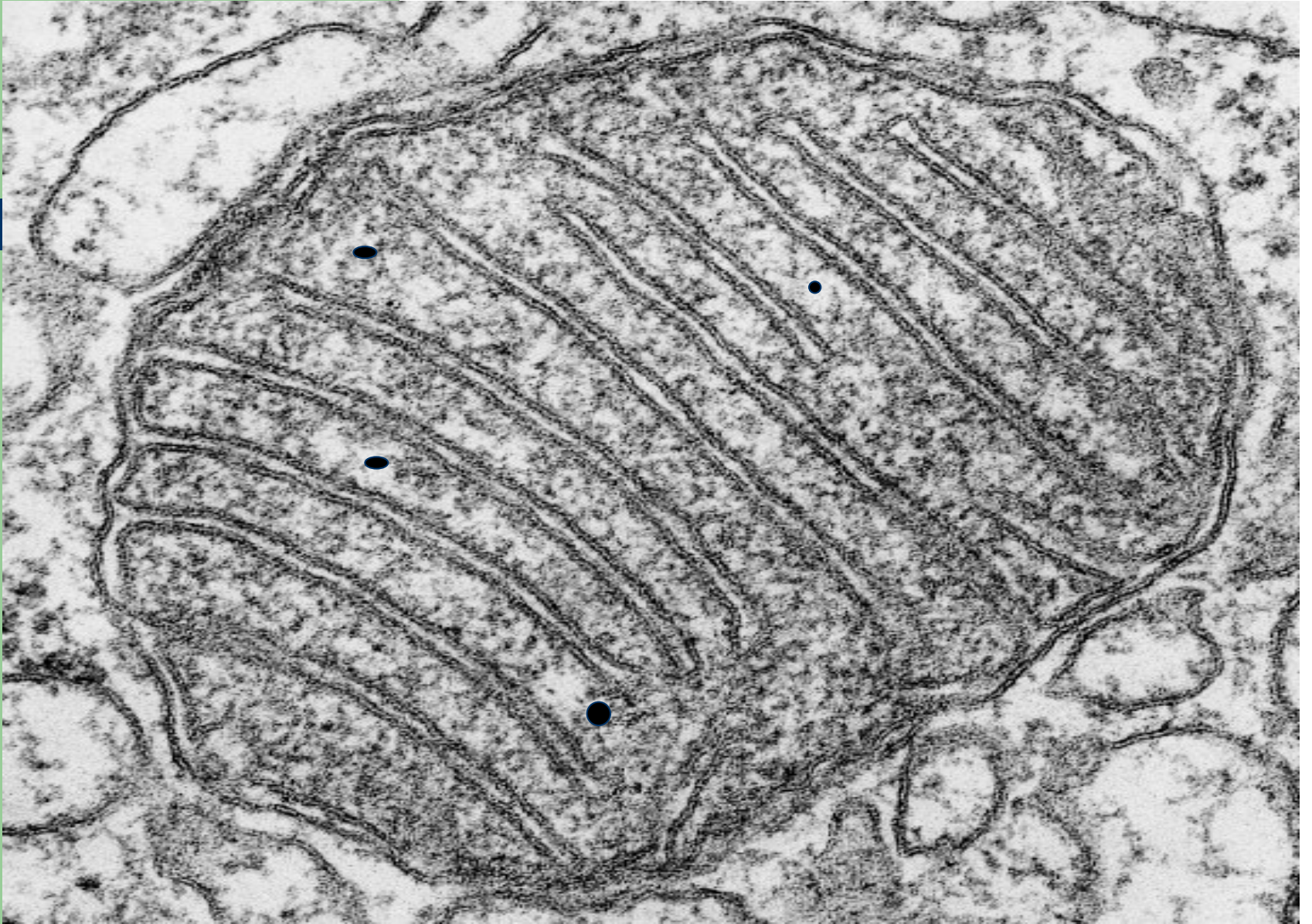
# Stavba mitochondrie

Schéma struktury mitochondrie



- Vnější membrána (hladká)
- Vnitřní membrána (s kristami)
- Cristae mitochondriales (+ elementární částice)
- Matrix (proteiny, DNA, RNA) – *semiautonomie*
- Mitochondriální tělíska (osmiofilní)
- Mitochondriální ribosomy



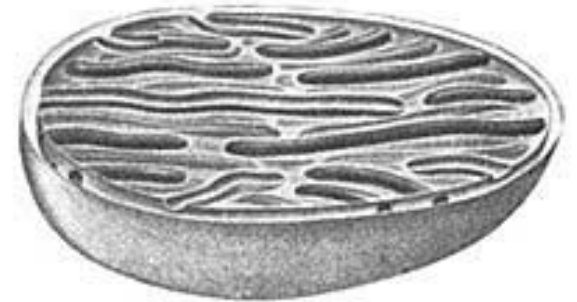


# Mitochondriální kristy

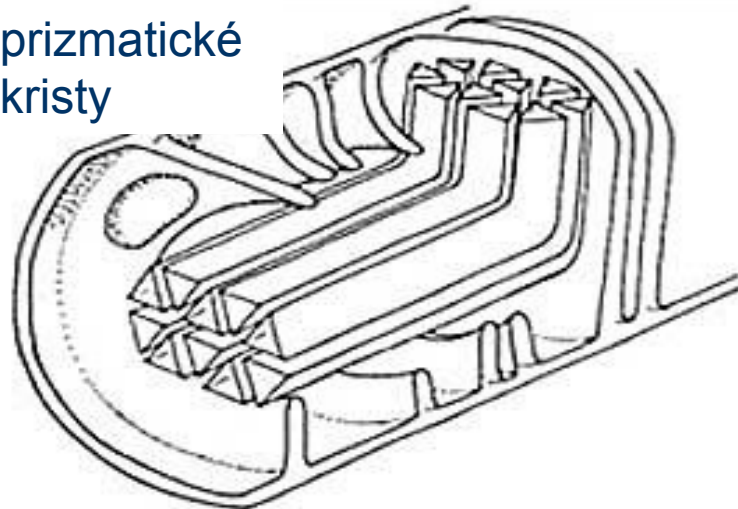
hřebenovité kristy

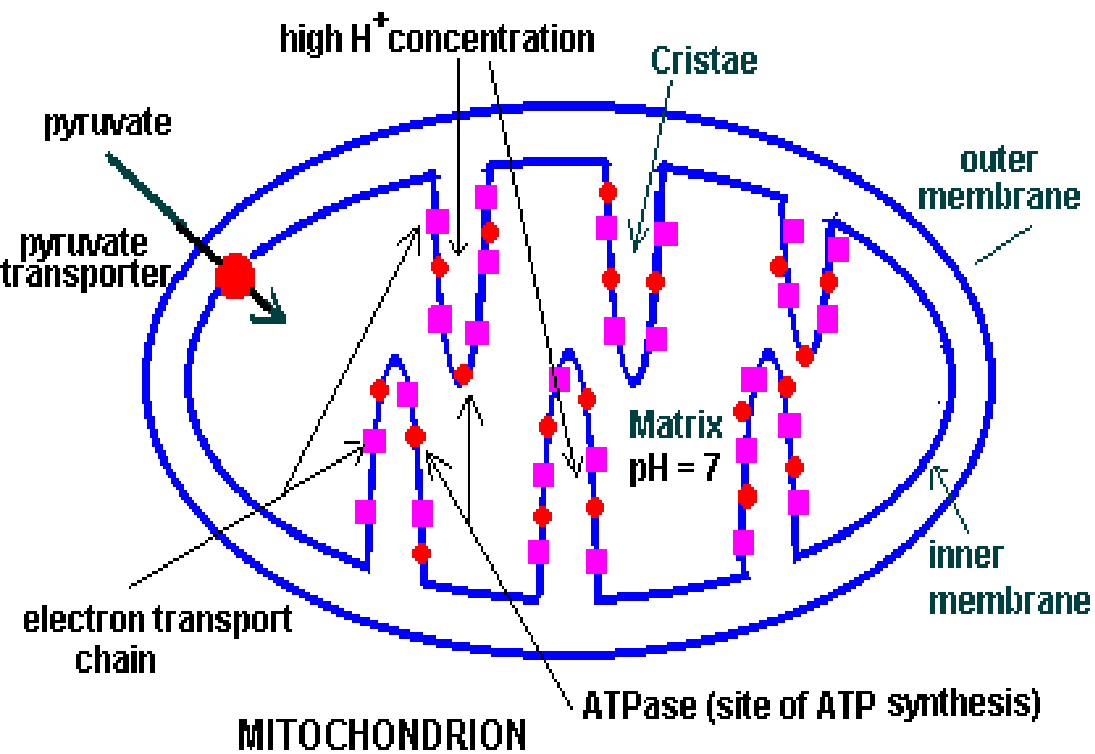


tubulózní kristy



prizmatické  
kristy





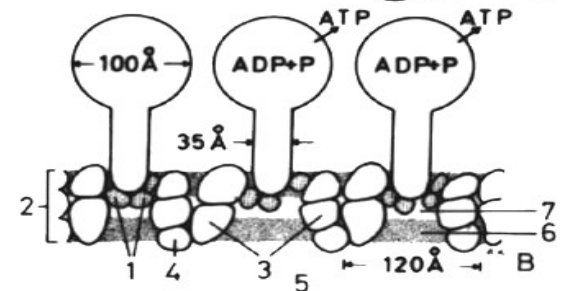
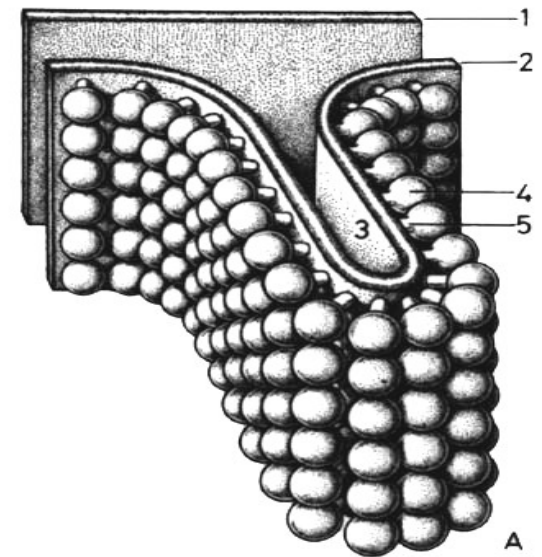
# Funkce Mi

V matrix + elementárních částicích:

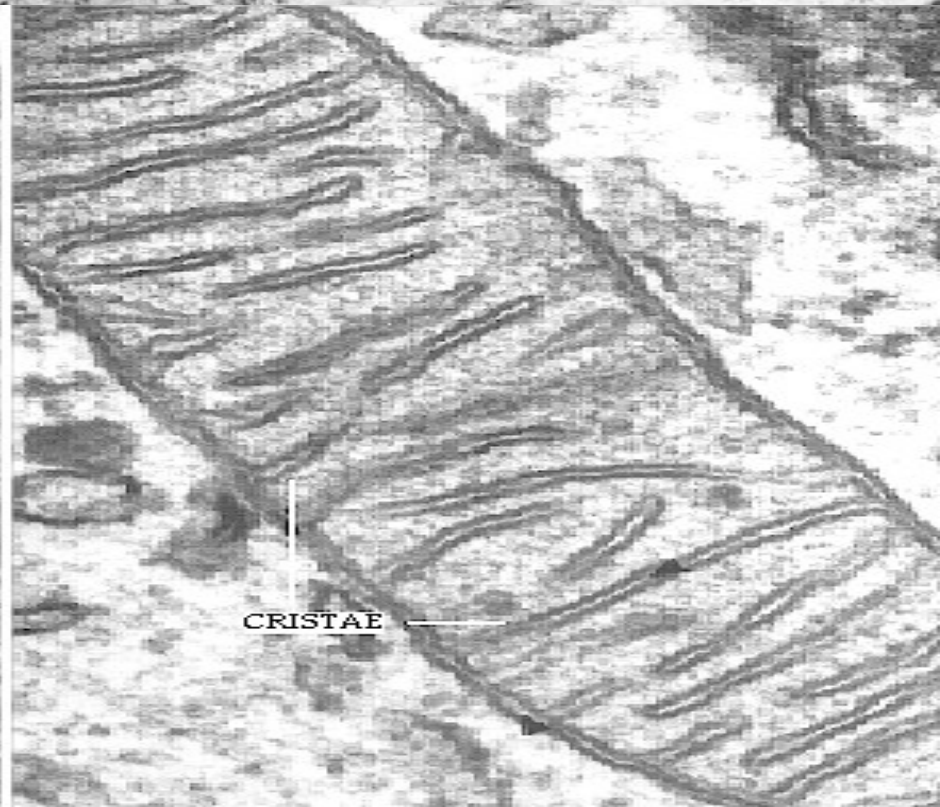
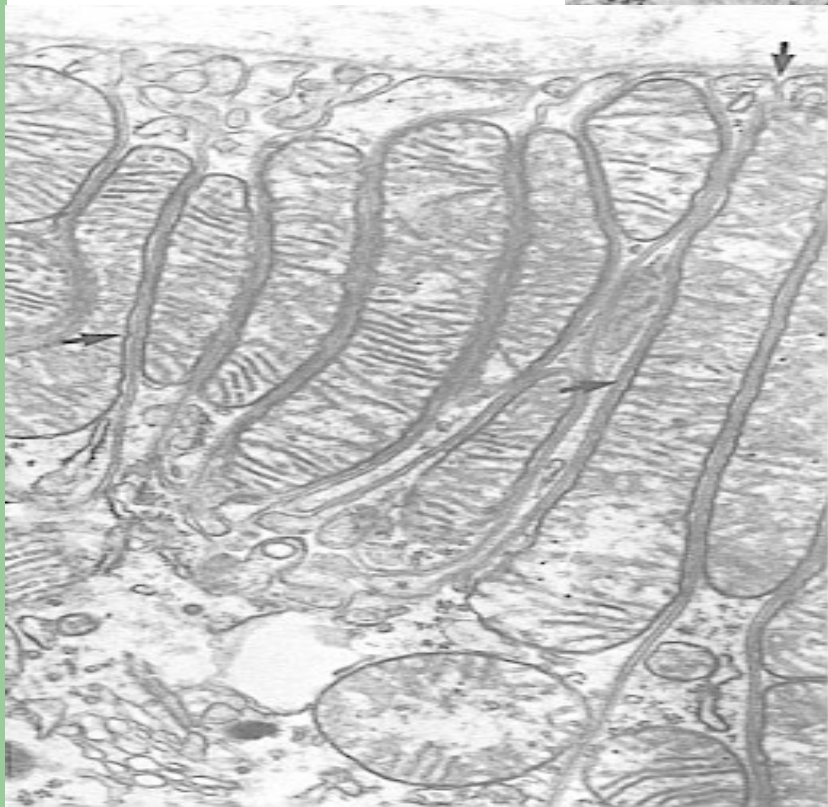
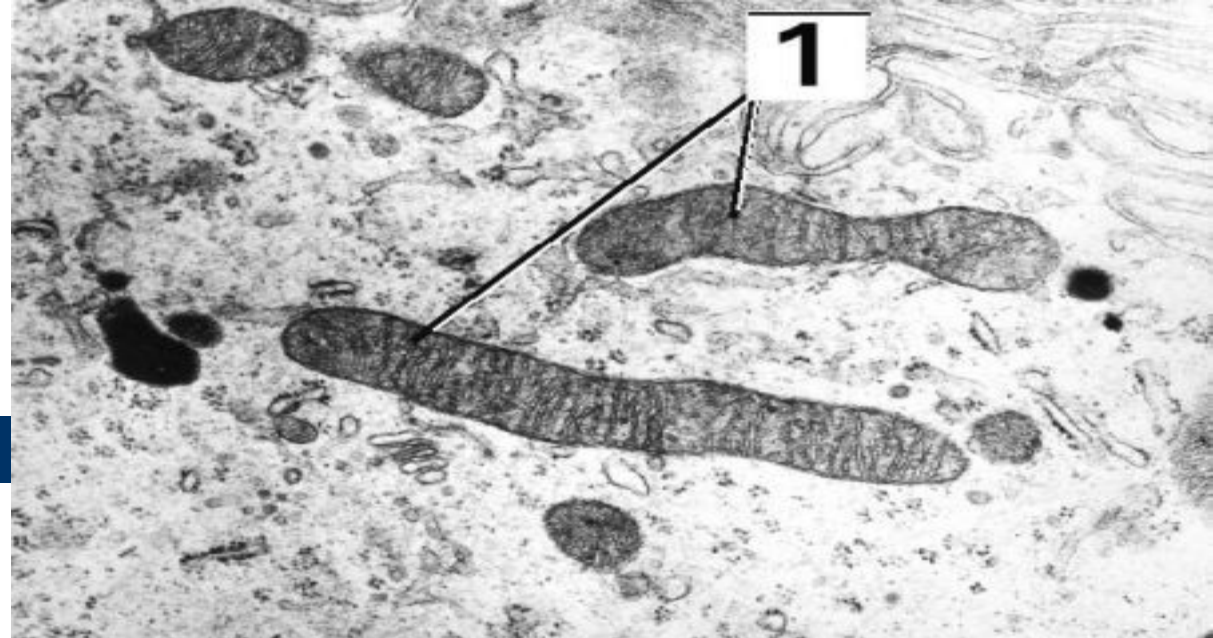
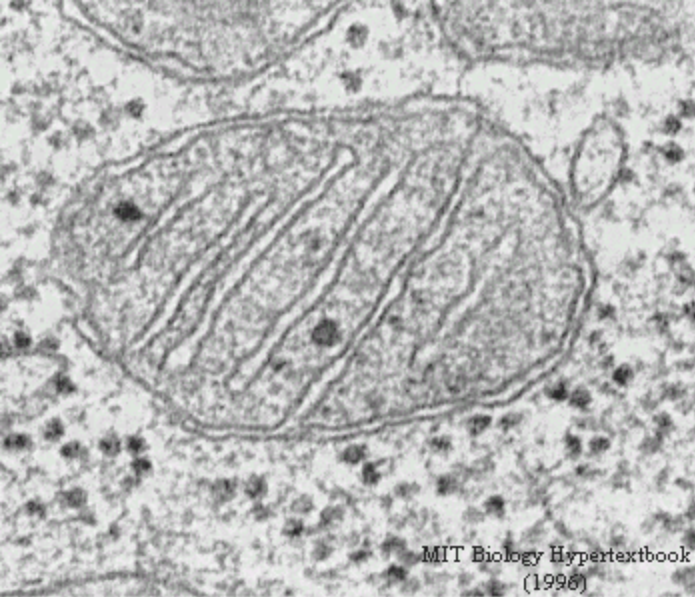
**enzymy** Krebsova cyklu,  
dýchacího řetězce a oxidativní  
fosforylace

Hlavní funkce Mi:

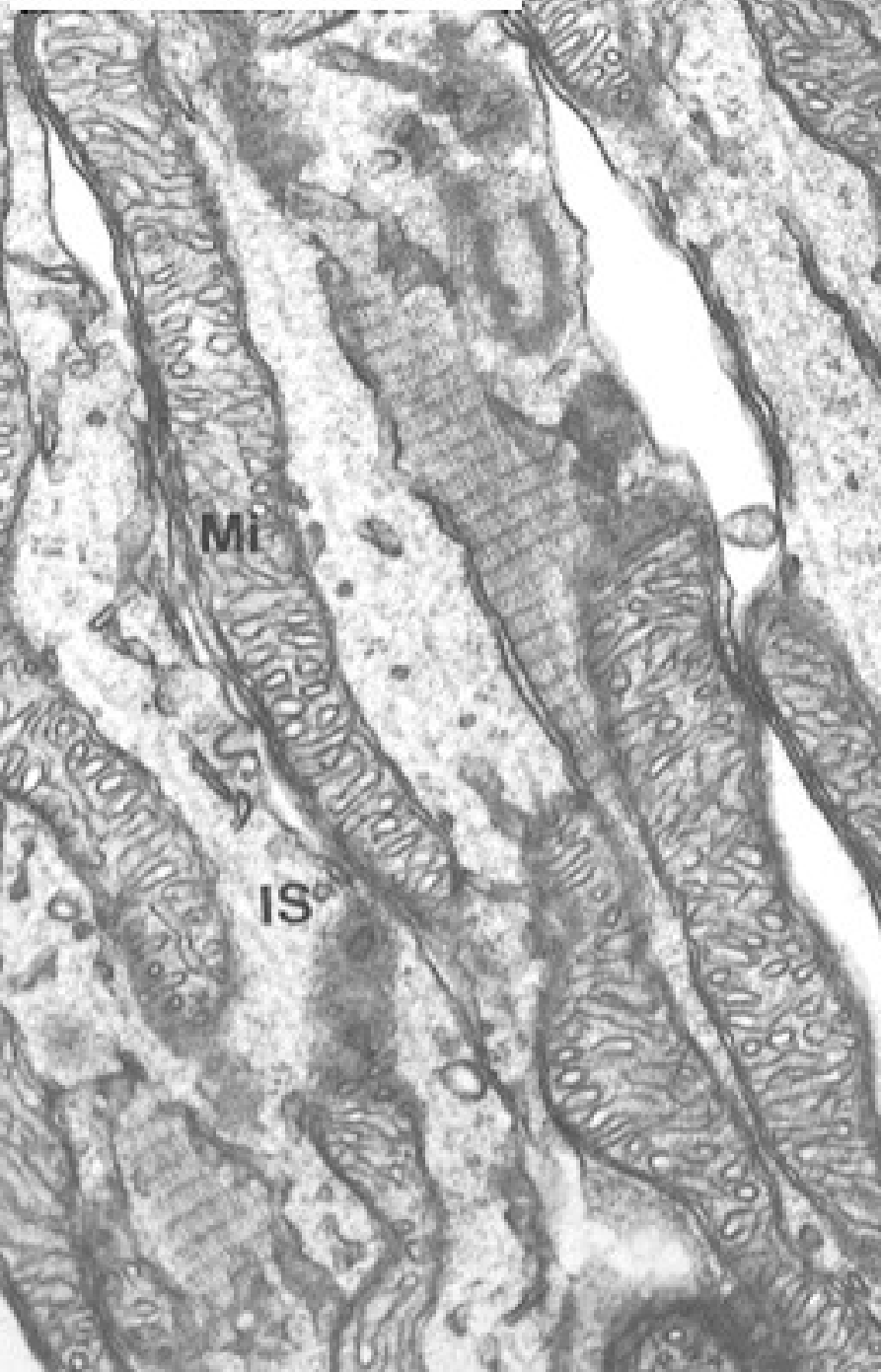
**uvolňování energie z ATP**



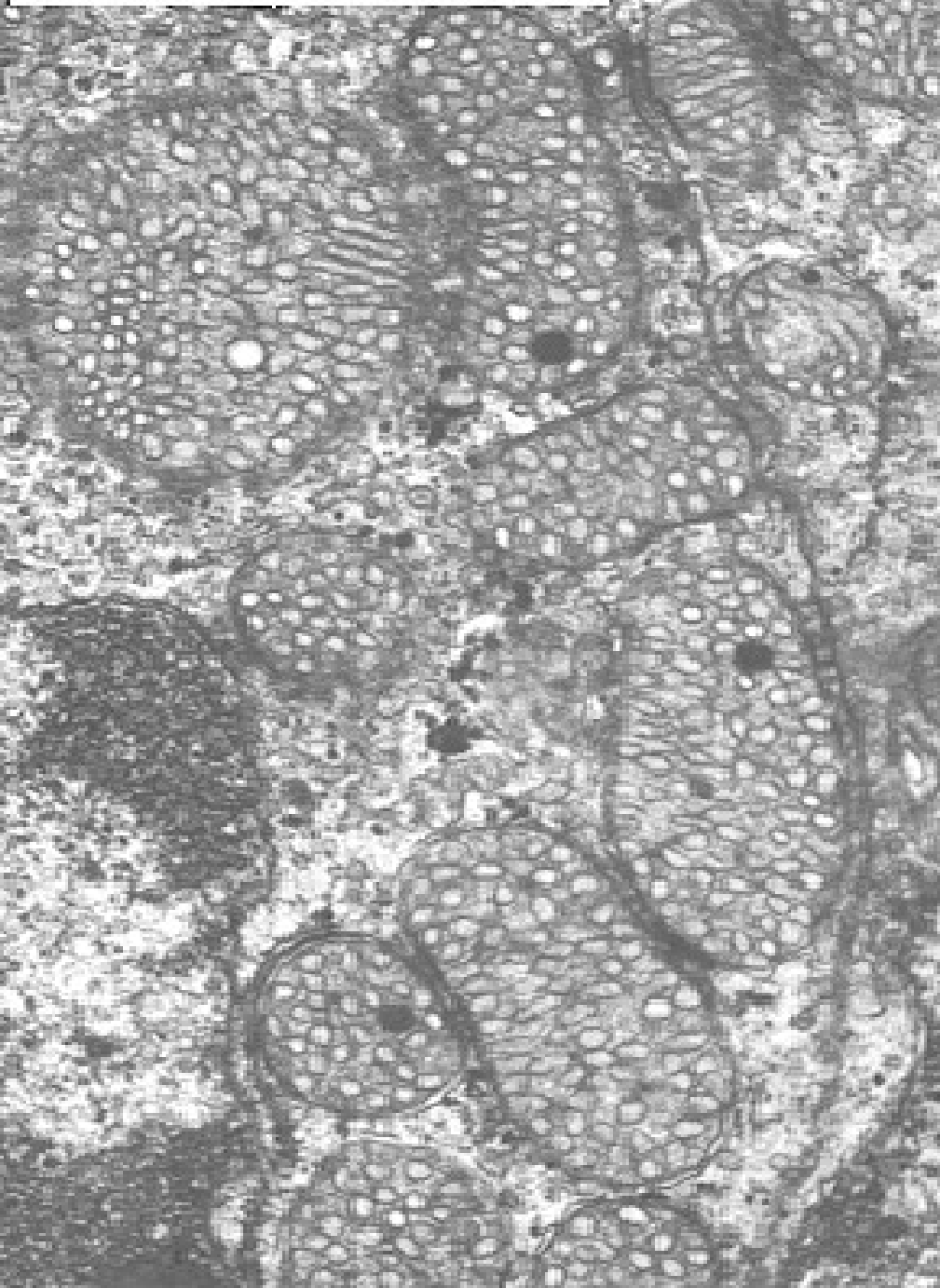




SHELF CRISTAE-MUSCLE



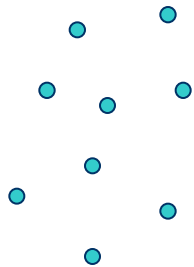
TUBULAR CRISTAE-ADRENAL



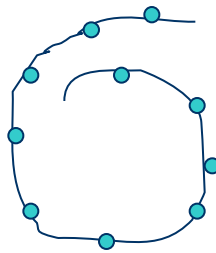


# Ribosomy

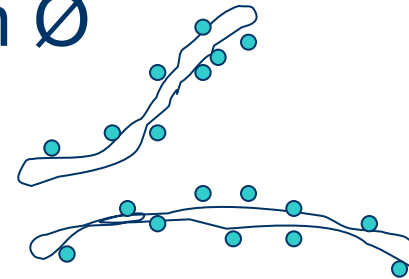
- Tělísko složené ze 2 podjednotek
- Velikost ribosomu: 20-25 nm Ø



volné  
ribosomy



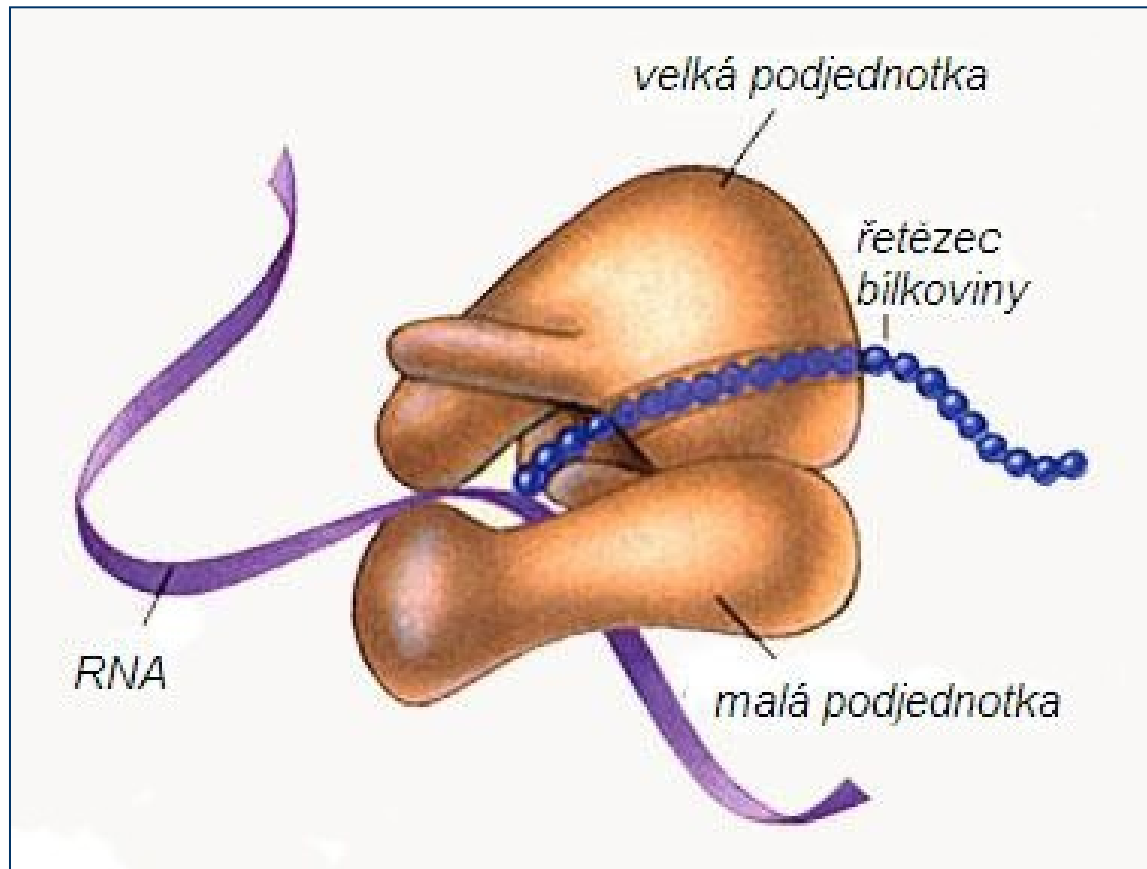
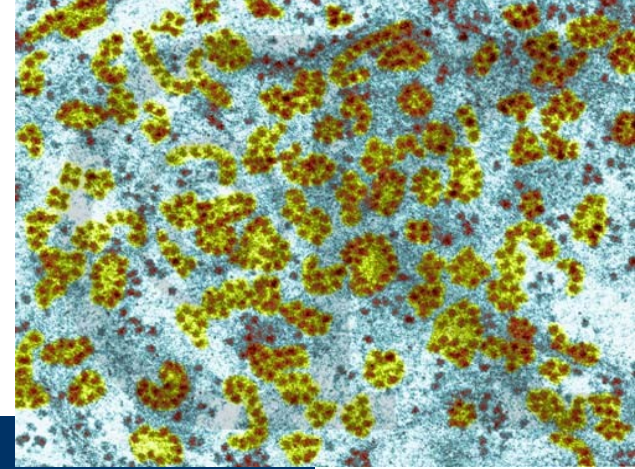
poly(ribo)somy

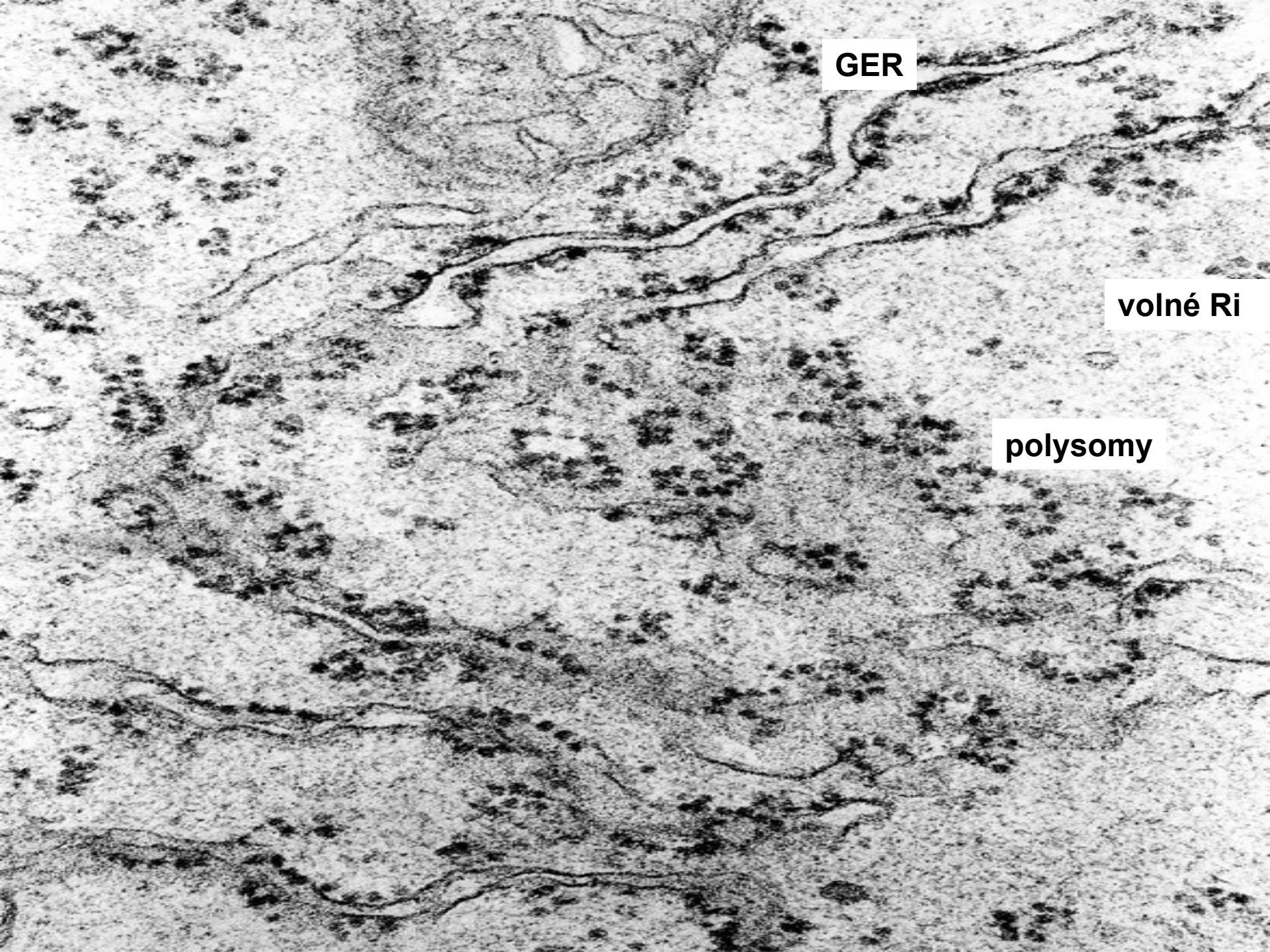


ribosomy na  
endoplazmatickém  
retikulu

Proteosyntéza „pro buňku“ a „na export“ (např. žlázové bb.)

# Ribosom





**GER**

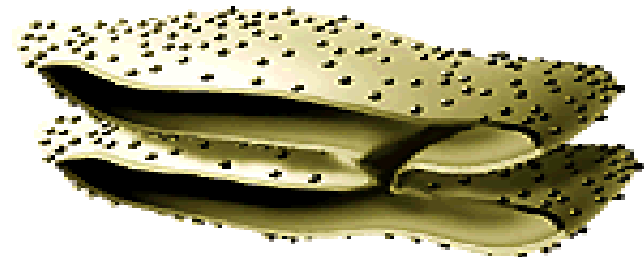
**volné Ri**

**polysomy**

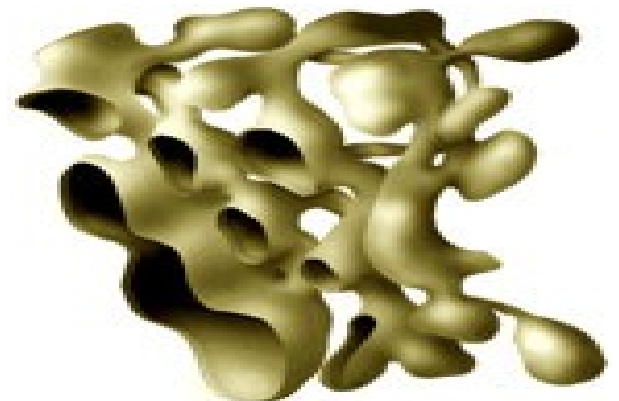
# Endoplazmatické retikulum

členitý, 3D systém membrán  
v cytoplazmě buňky – 2 formy:

- **Zrnité (granulární) ER – GER:**  
systém plochých, anastomozujících cisteren +  
(poly)ribosomy reverzibilně vázané  
na membránu



- **Hladké (agranulární) ER – AER:**  
systém tubulů a váčků  
s membránou bez ribosomů



# Komunikace GER s perinukleárním prostorem jaderného obalu

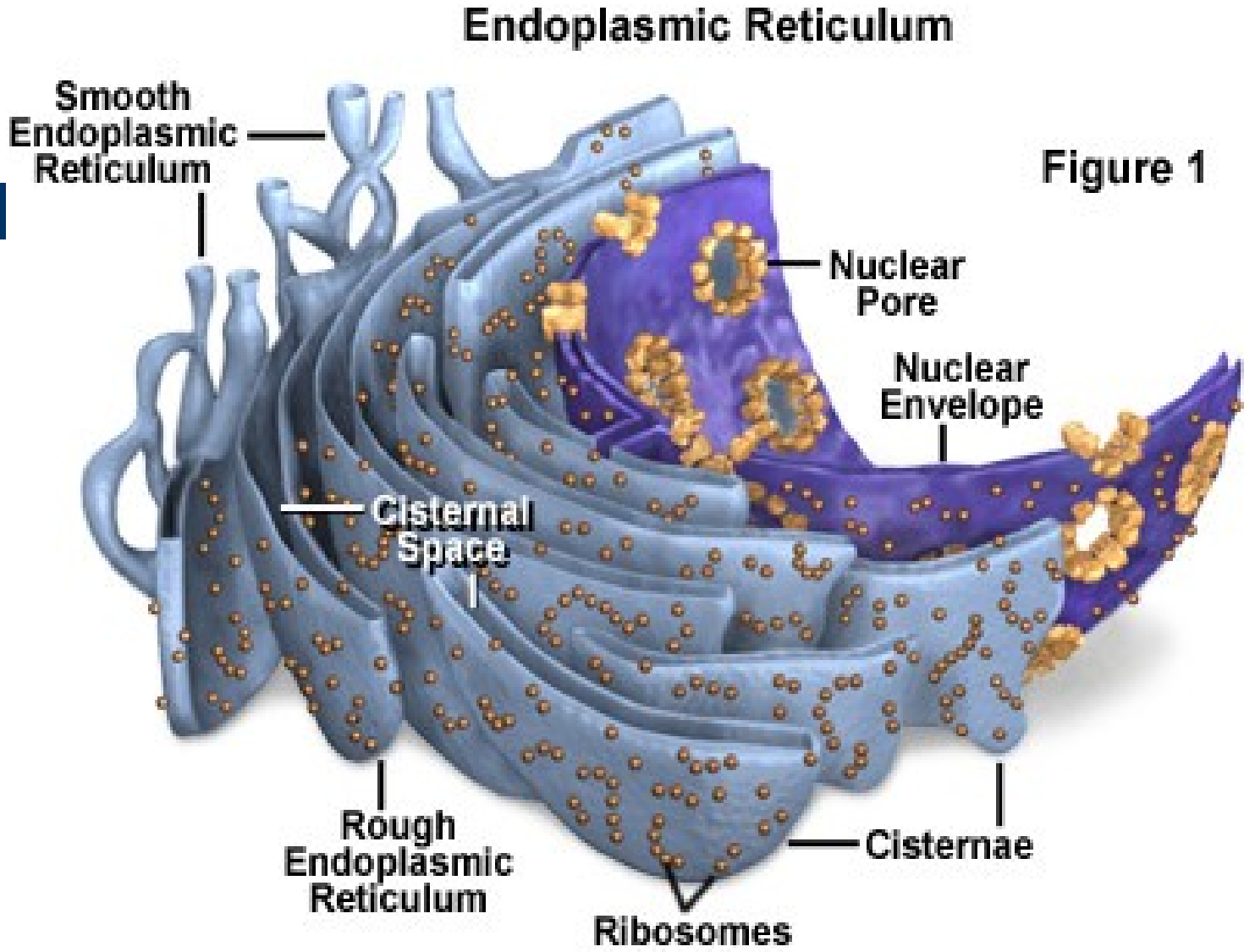
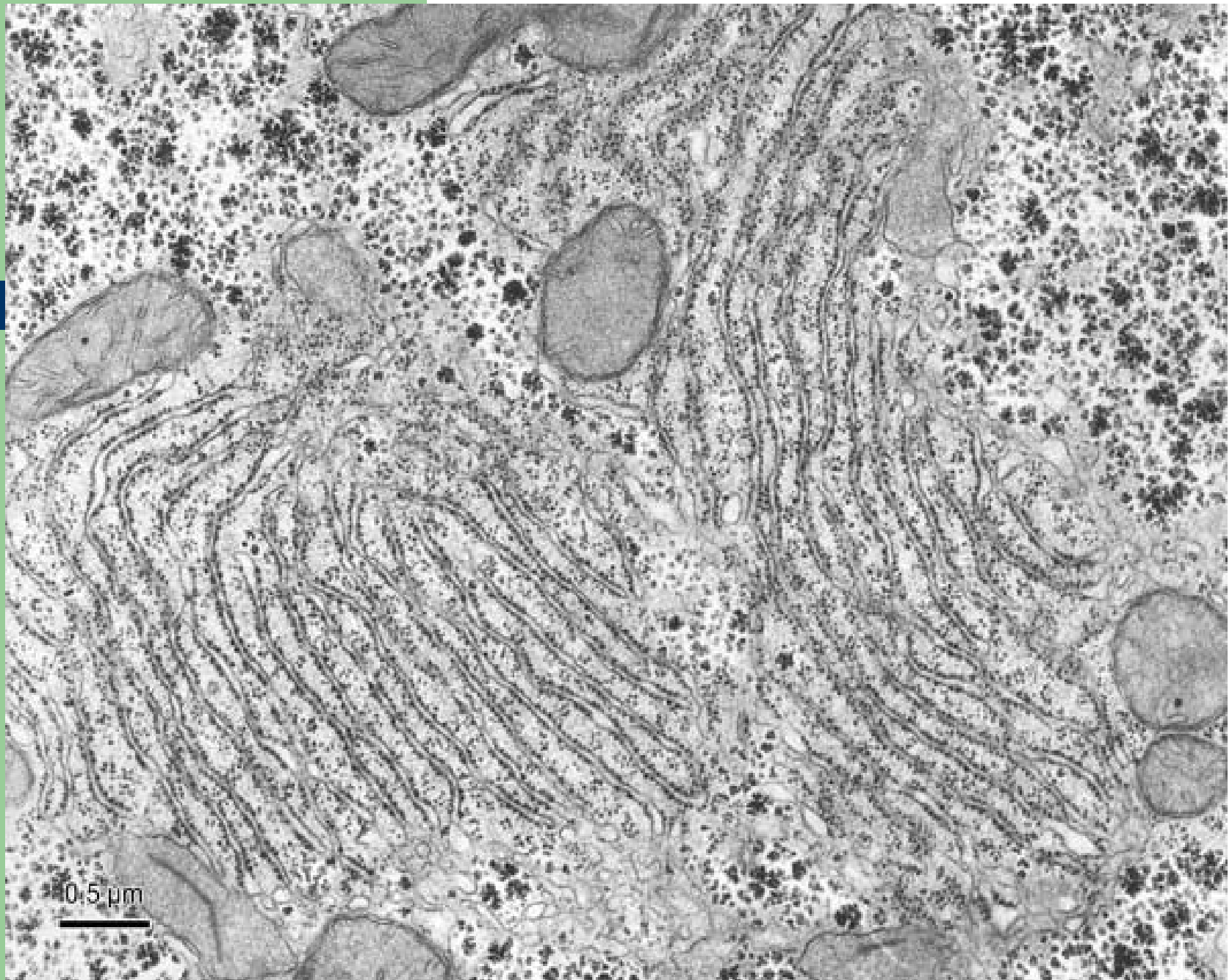
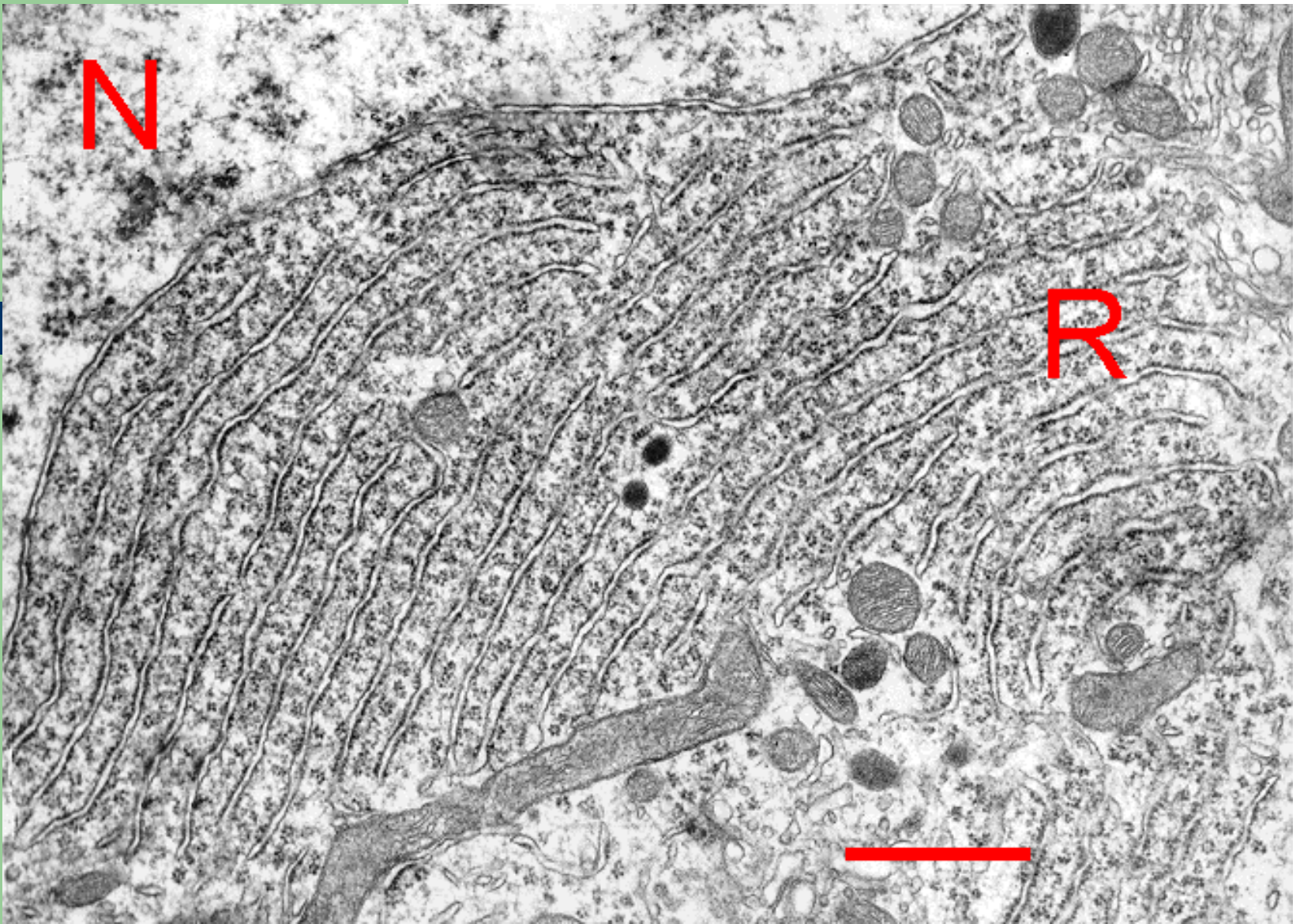


Figure 1



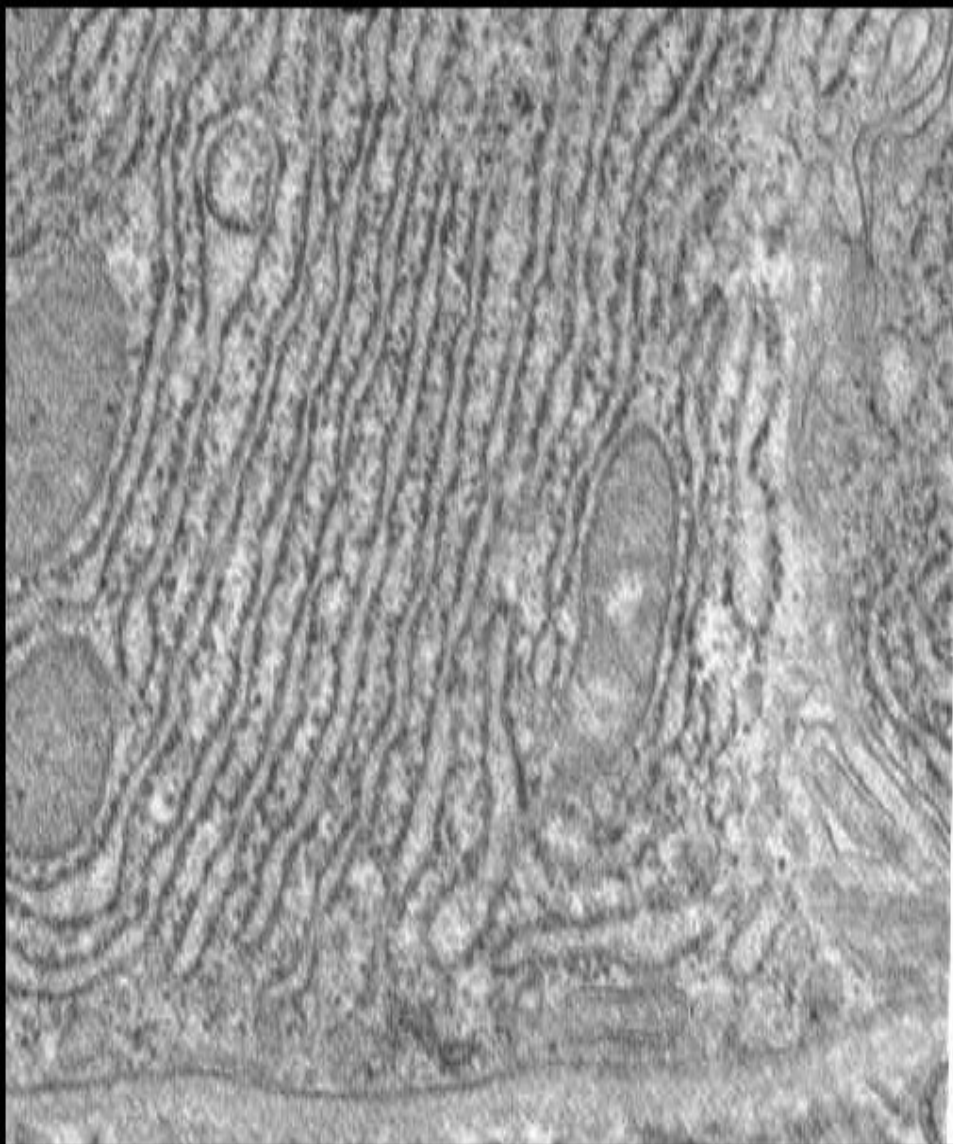




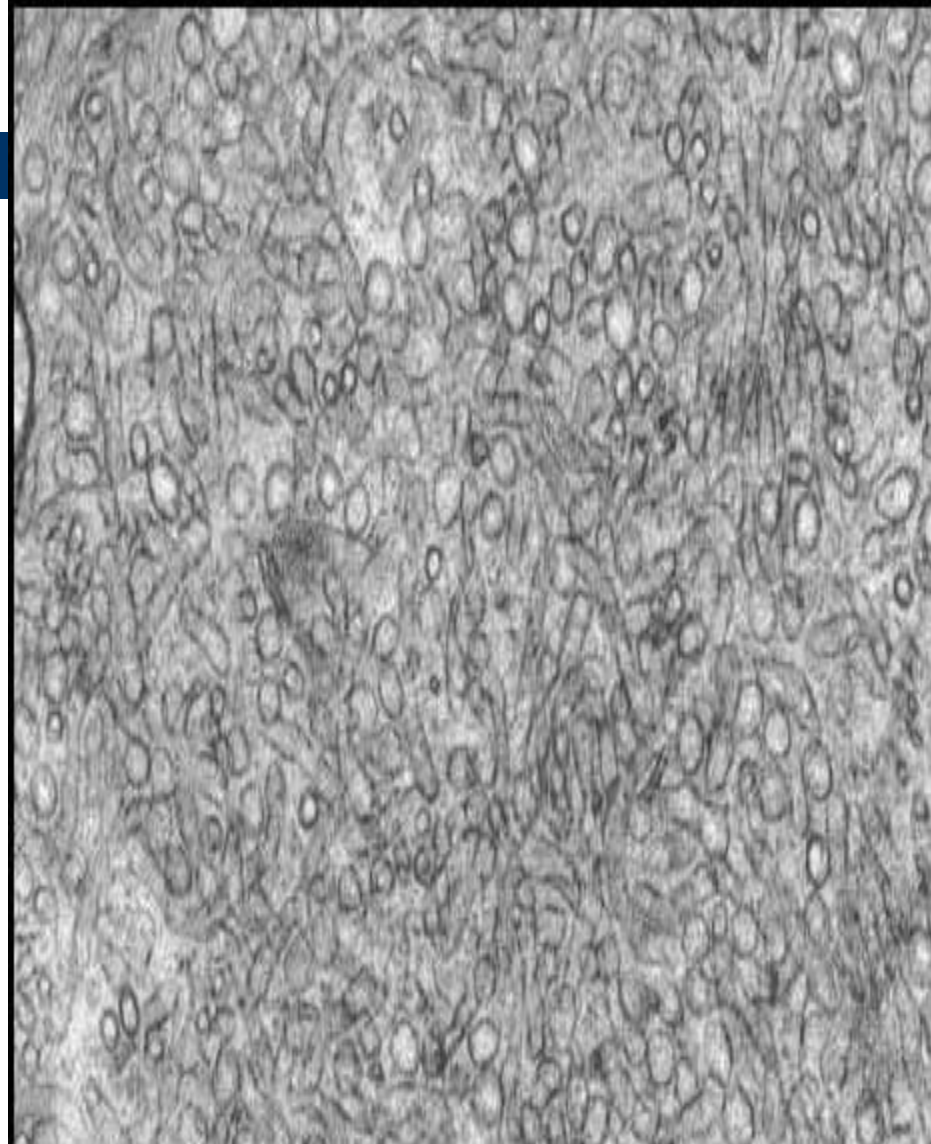
*Granular endoplasmic reticulum* (R) organized into parallel cisternae forming the *tigroid* (*Nissl*) substance. N - nucleus of the Purkinje cell. Scale = 1  $\mu\text{m}$ . (Rabbit, cerebellar cortex.)



**GER**



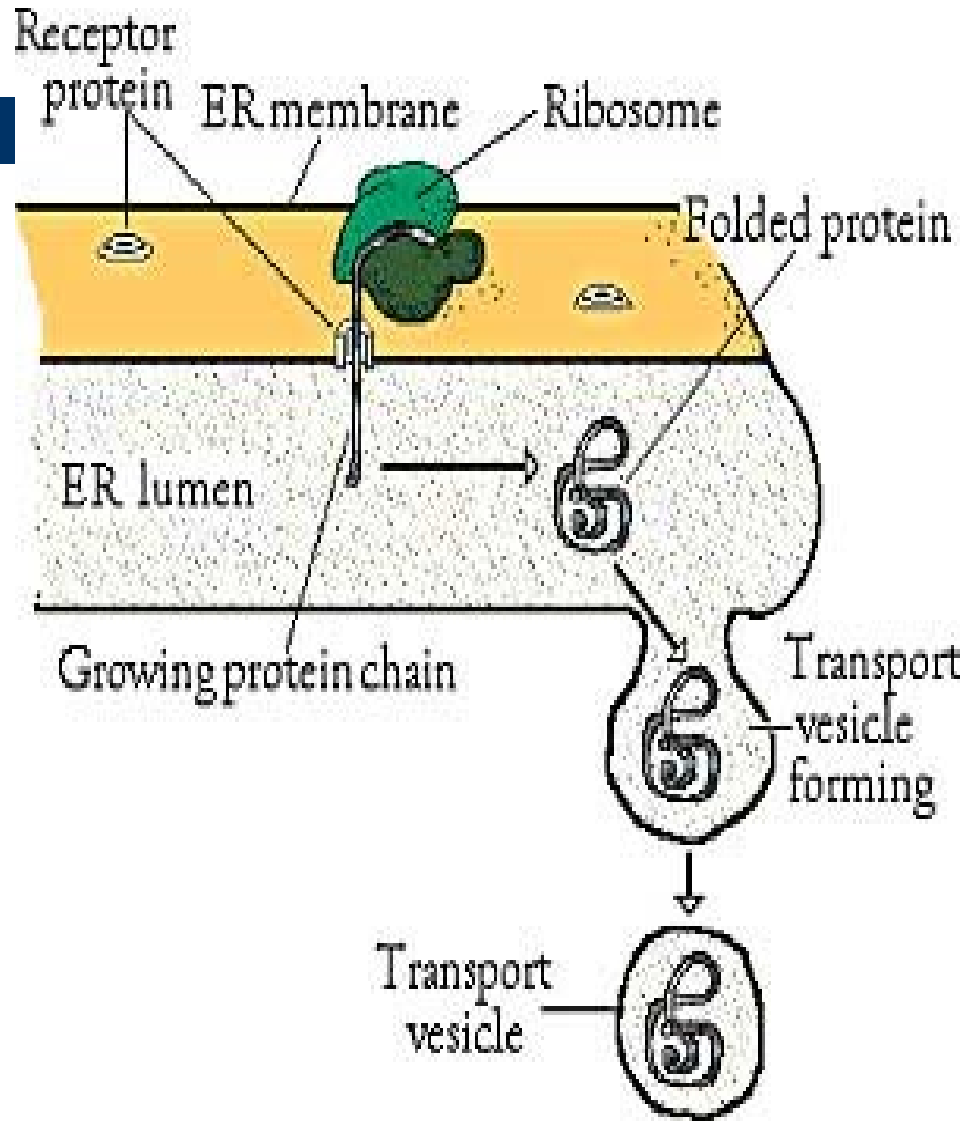
**AER**





# Funkce GER

- GER – proteosyntéza (Ri) a transport proteinů do GA (transportními váčky)
- v kooperaci s GA:
  - intracelulární skladování (např. v lyzosomech a specifických granulích leukocytů)
  - dočasné intracelulární skladování určené pro následný transport mimo buňku (sekreční zrna)



# Funkce AER

- AER – v buňkách:
  - syntetizujících **steroidy** (bb. kůry nadledvin, Leydigovy buňky varlete, bb. žlutého tělíska)
  - odbourávajících **glykogen** (jaterní buňky)
  - syntetizujících **HCl** (krycí buňky žaludečních žláz)
  - svalových (jako tzv. sarkoplazmatické retikulum, které obsahuje **Ca ionty**)

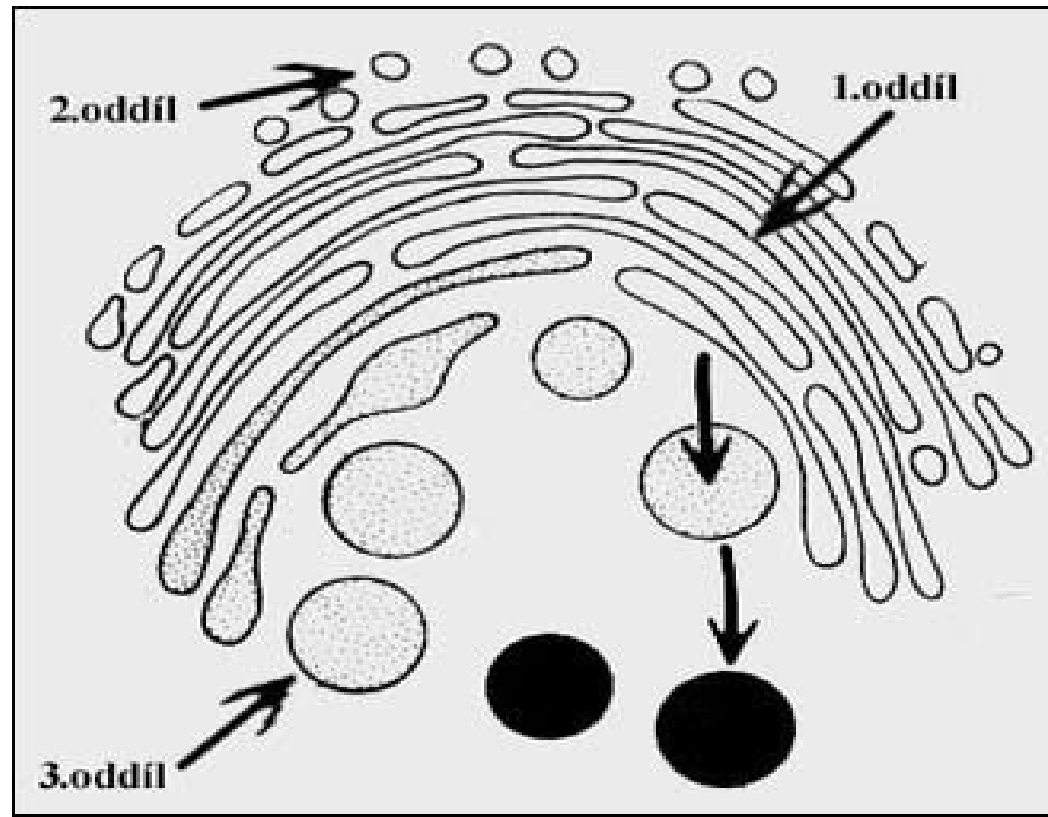


# Golgiho aparát (GA)

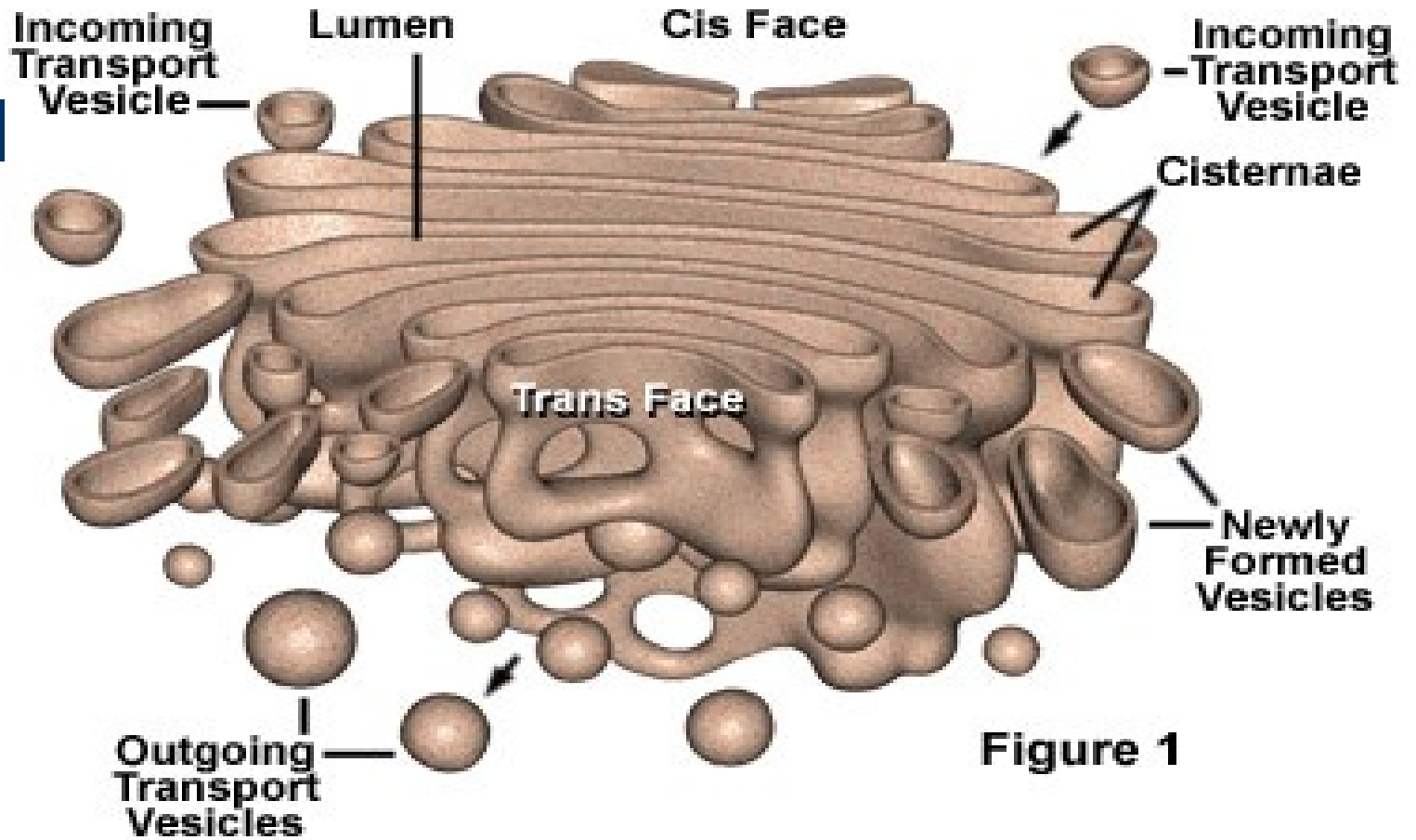
- Systém hladkých membrán, ohraničujících:

1. cisterny (5-20)  
(*dictyosom*)
2. vesikuly
3. vakuoly

*Polarita GA: cis*  
*trans*

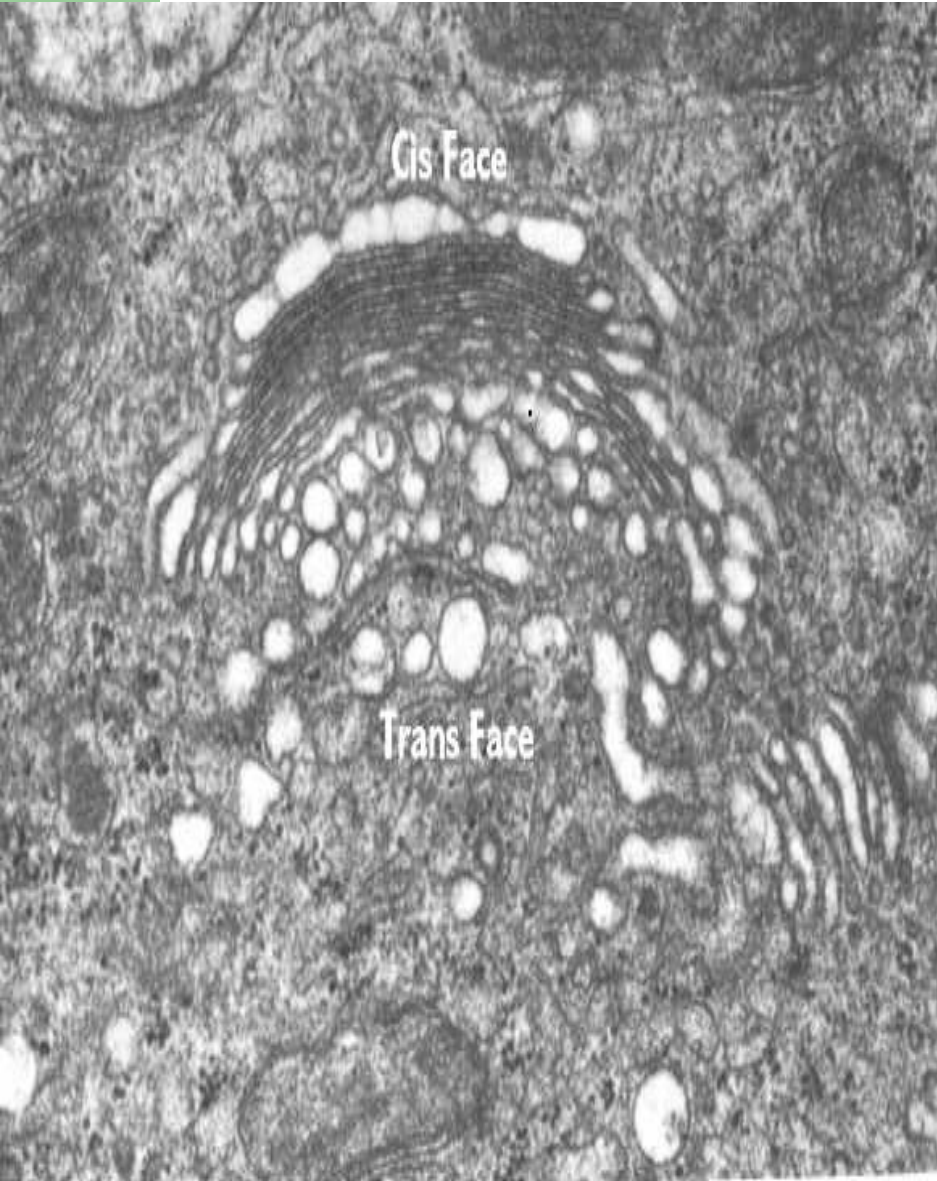


# The Golgi Apparatus



**Figure 1**

# Funkční polarita GA



Transport proteinů z GER:

transportními váčky

Strana konvexní – cis face  
(produkční /forming face/)

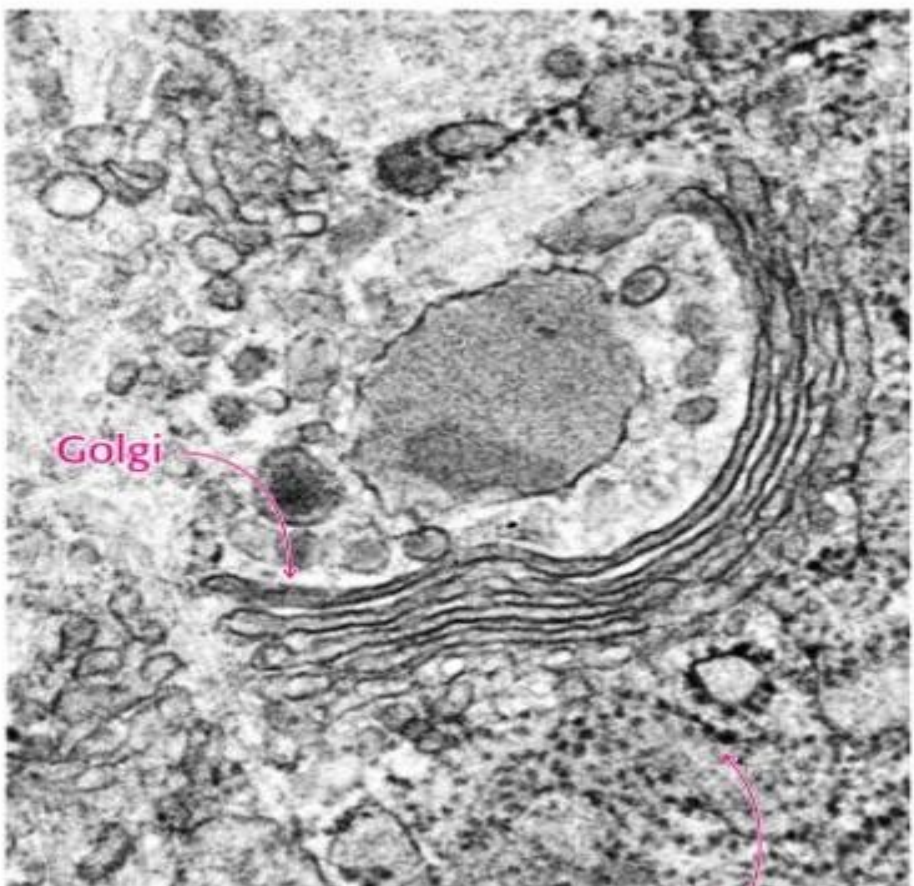
Strana konkávní – trans face  
(maturační /maturing face/)

kondenzační vakuoly

sekreční zrna    lyzosomy





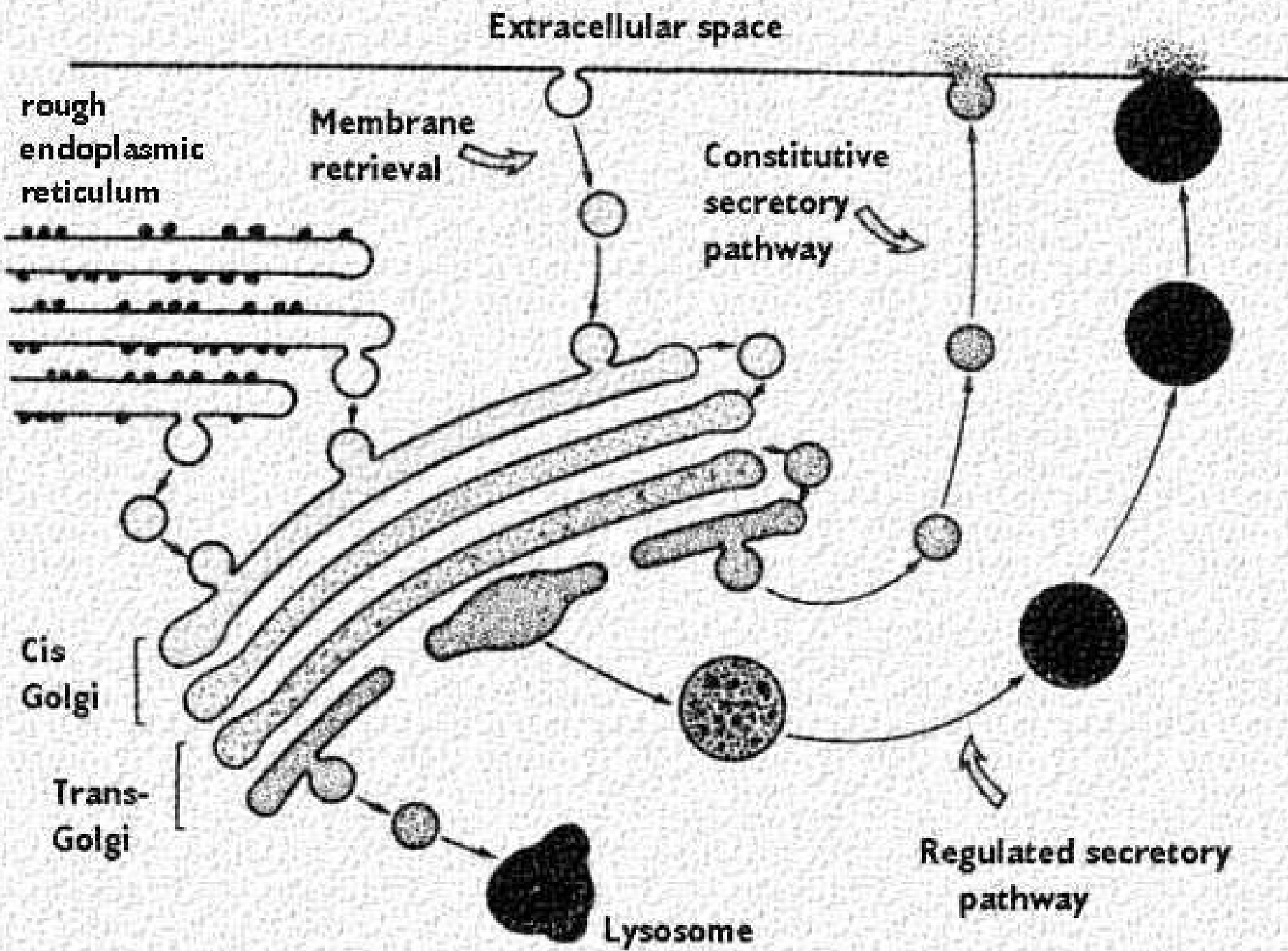


Golgi

Endoplasmic reticulum

### Schéma stavby Golgiho komplexu





Extracellular space

rough endoplasmic reticulum

Membrane retrieval

Constitutive secretory pathway

Cis Golgi

Trans-Golgi

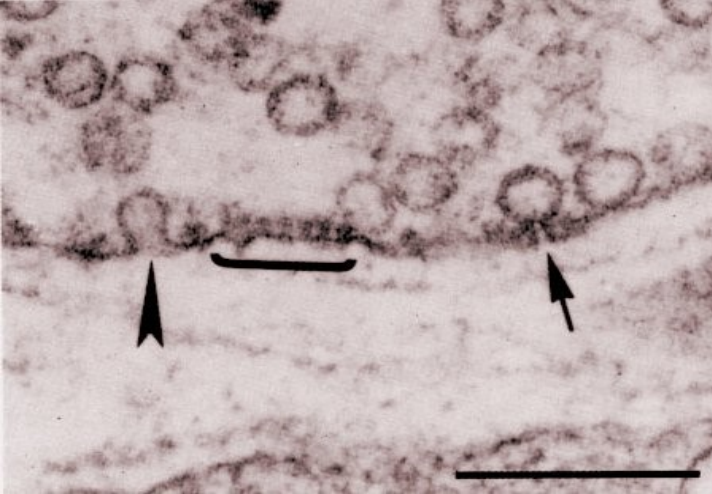
Lysosome

Regulated secretory pathway



# Funkce GA

- postsyntetická úprava a maturace proteinů (glykosylace, sulfatace, fosforylace),
- kondenzace a skladování sekrečních produktů  
⇒ kondenzační vakuoly, sekreční granula,
- vznik akrozomálního váčku při přeměně spermatidy ve spermii,
- donor membrán (pro některé orgány).



## Lyzosomy a endosomy

- Endosomy: membránové váčky (Ø 20-150 nm) vstup do buňky – pinocytózou,

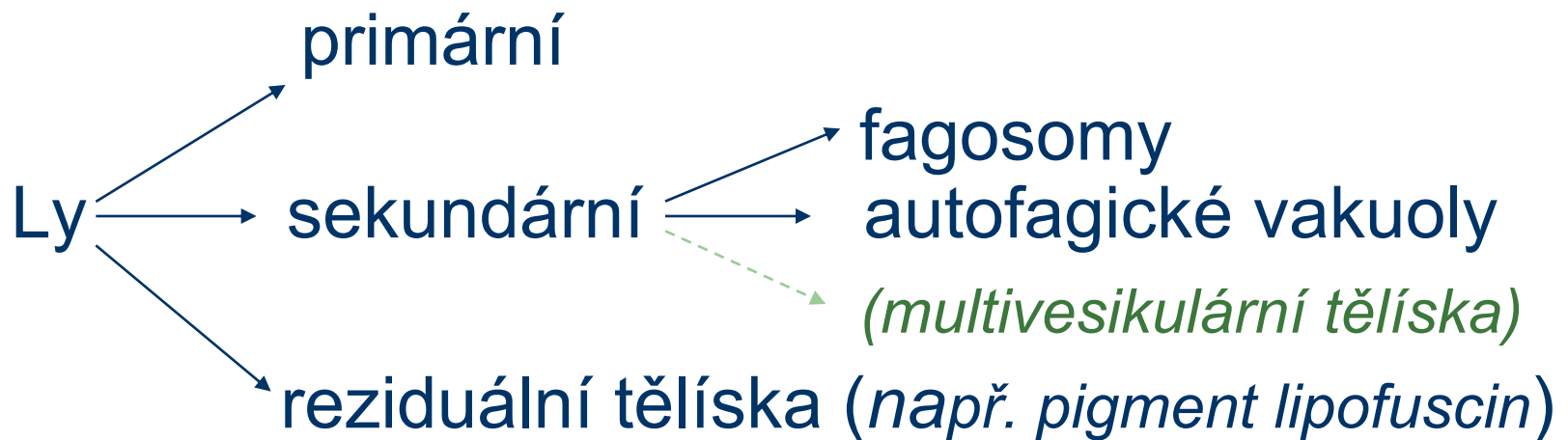
osud v buňce

- transcytóza
- fúze s Ly ⇒ sekundární Ly
- fúze s CURL\*

\* *Compartment of **U**ncoupling of **R**eceptor and **L**igand*

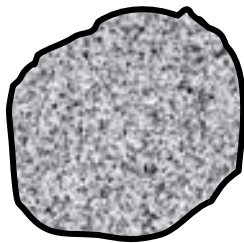
# Lyzosomy

- Váčky – od  $0,5 \mu\text{m}$   $\emptyset$ , jednoduchá membrána, matrix s hydrolytickými enzymy kyselého pH (kys. fosfatáza, karboxylesterhydrolázy, katepsiny, hyaluronidáza, nespecifická esteráza, lipáza, ribonukleáza, kolagenáza aj.)

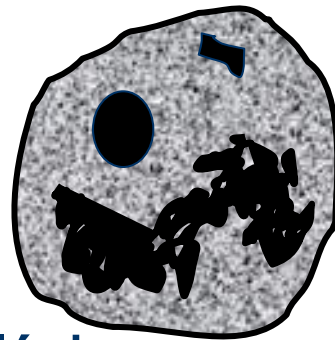


# Lyzosomy

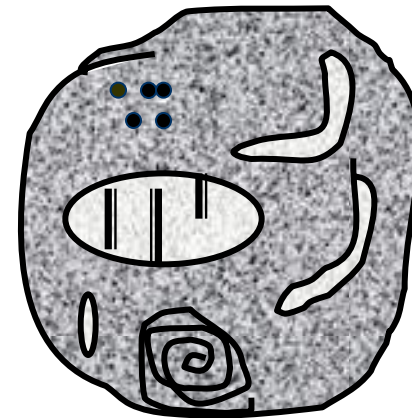
primární Ly ( $0,5 \mu m$ )



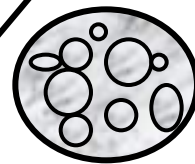
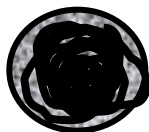
sekundární Ly



autofagická vakuola

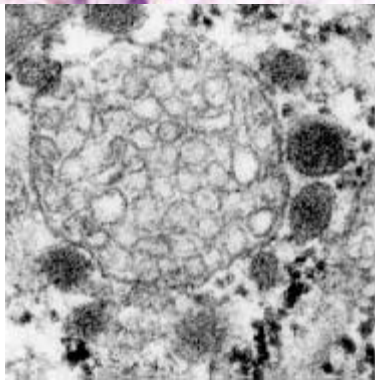
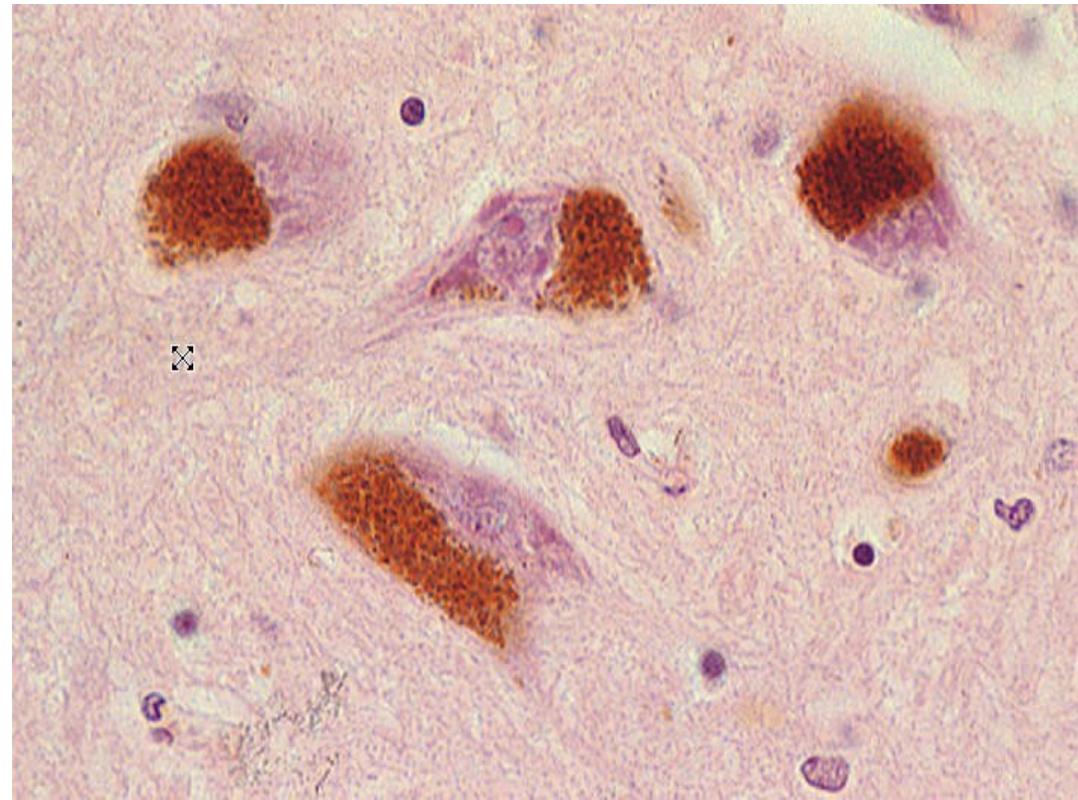
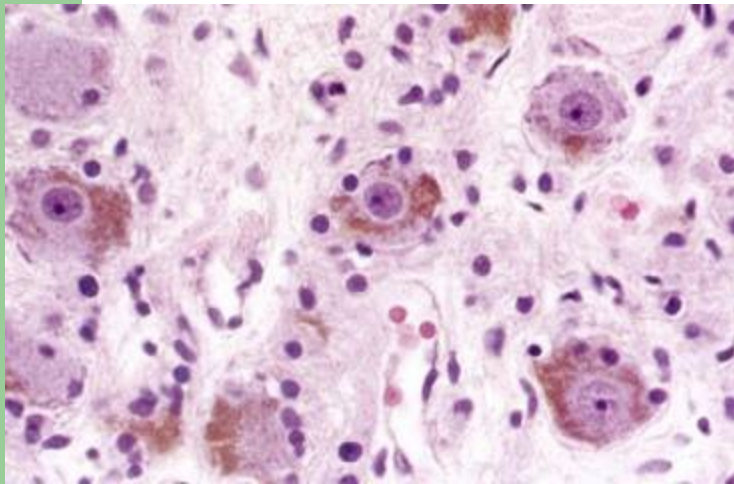
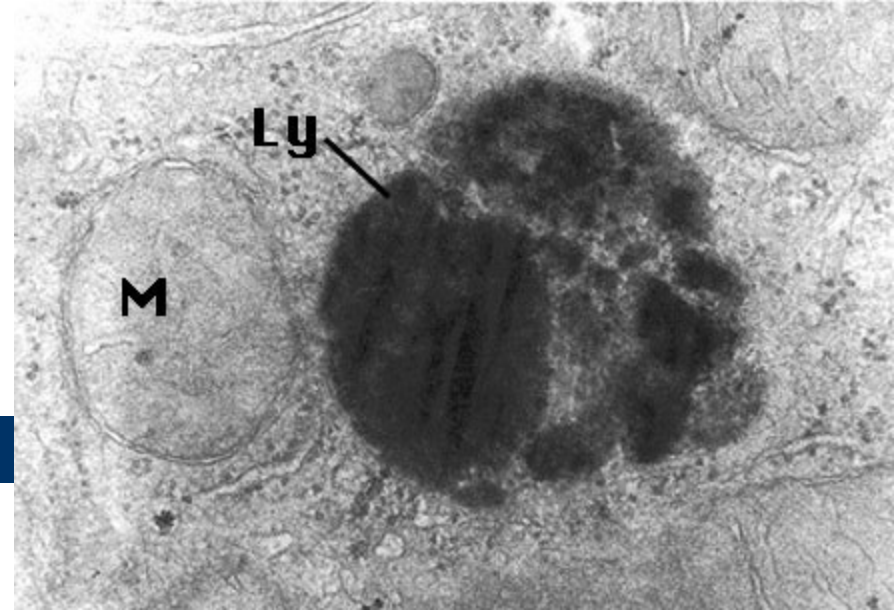
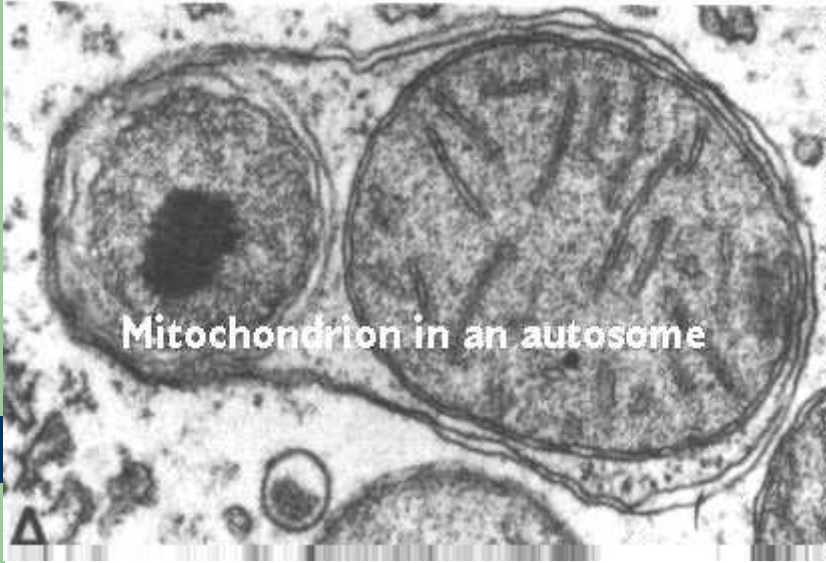


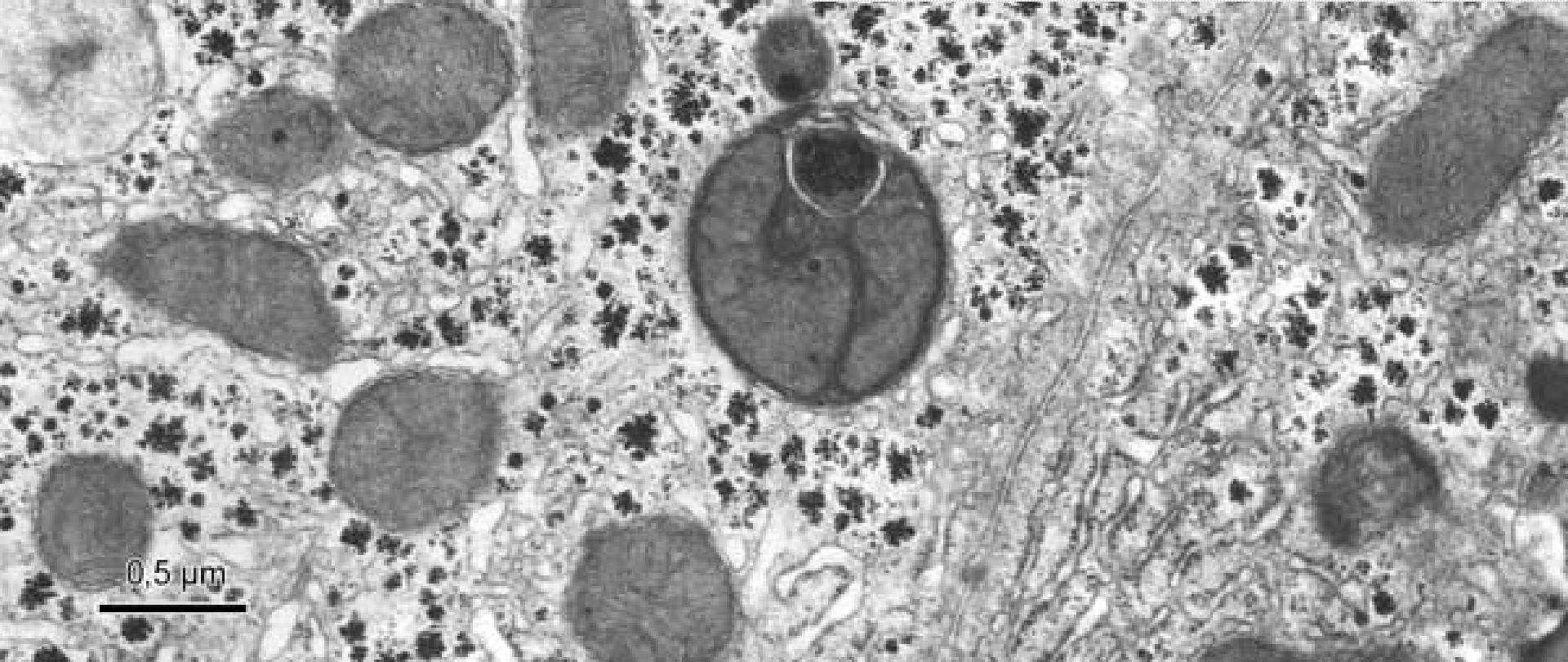
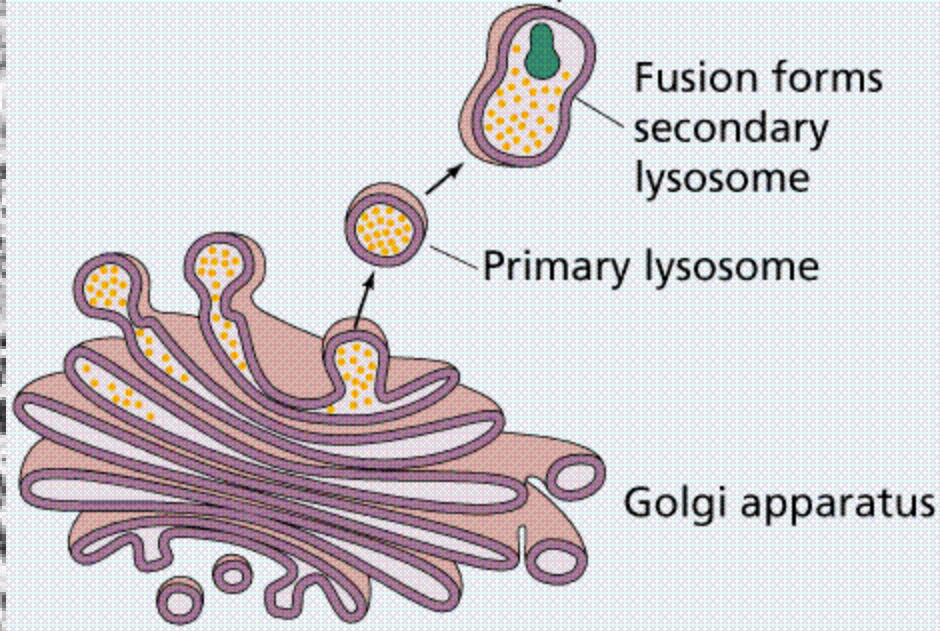
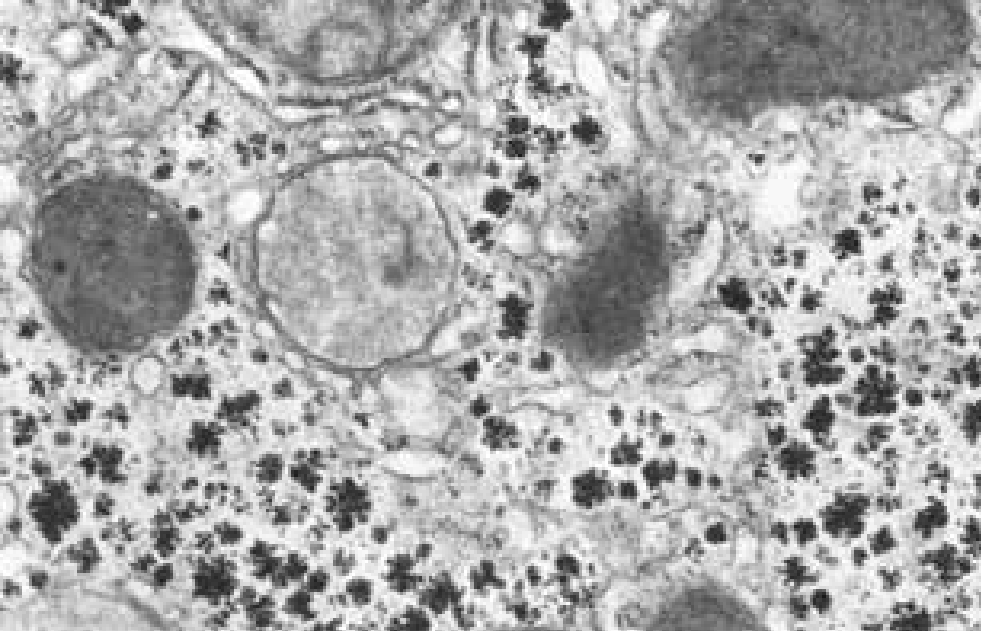
reziduální tělíčko



multives. tělíčko





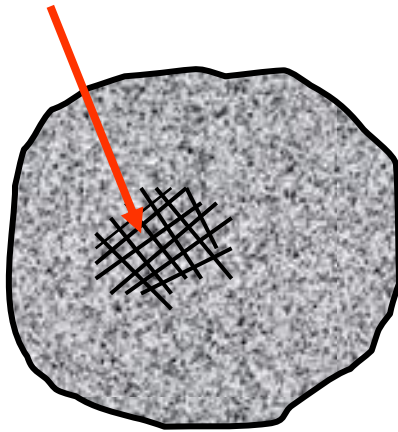


0,5 μm

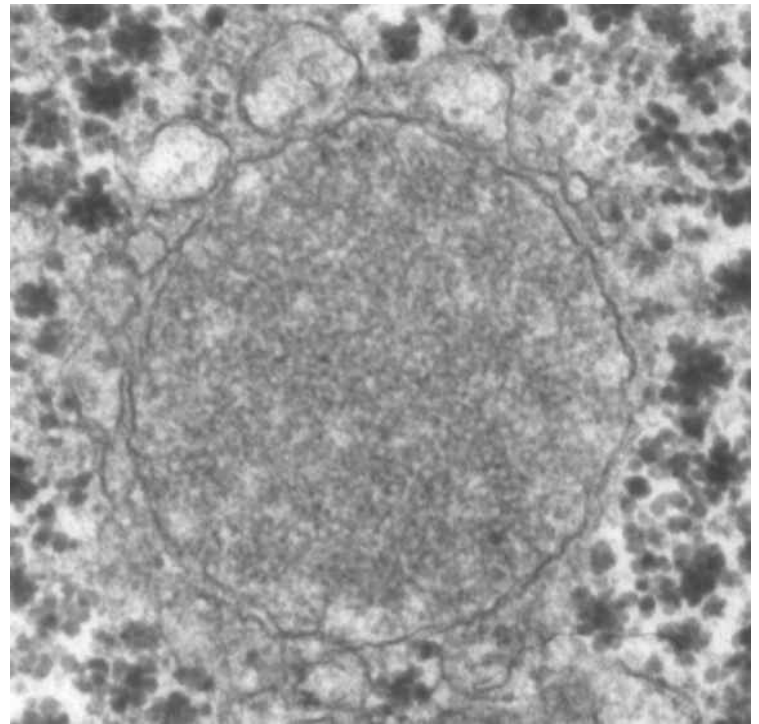


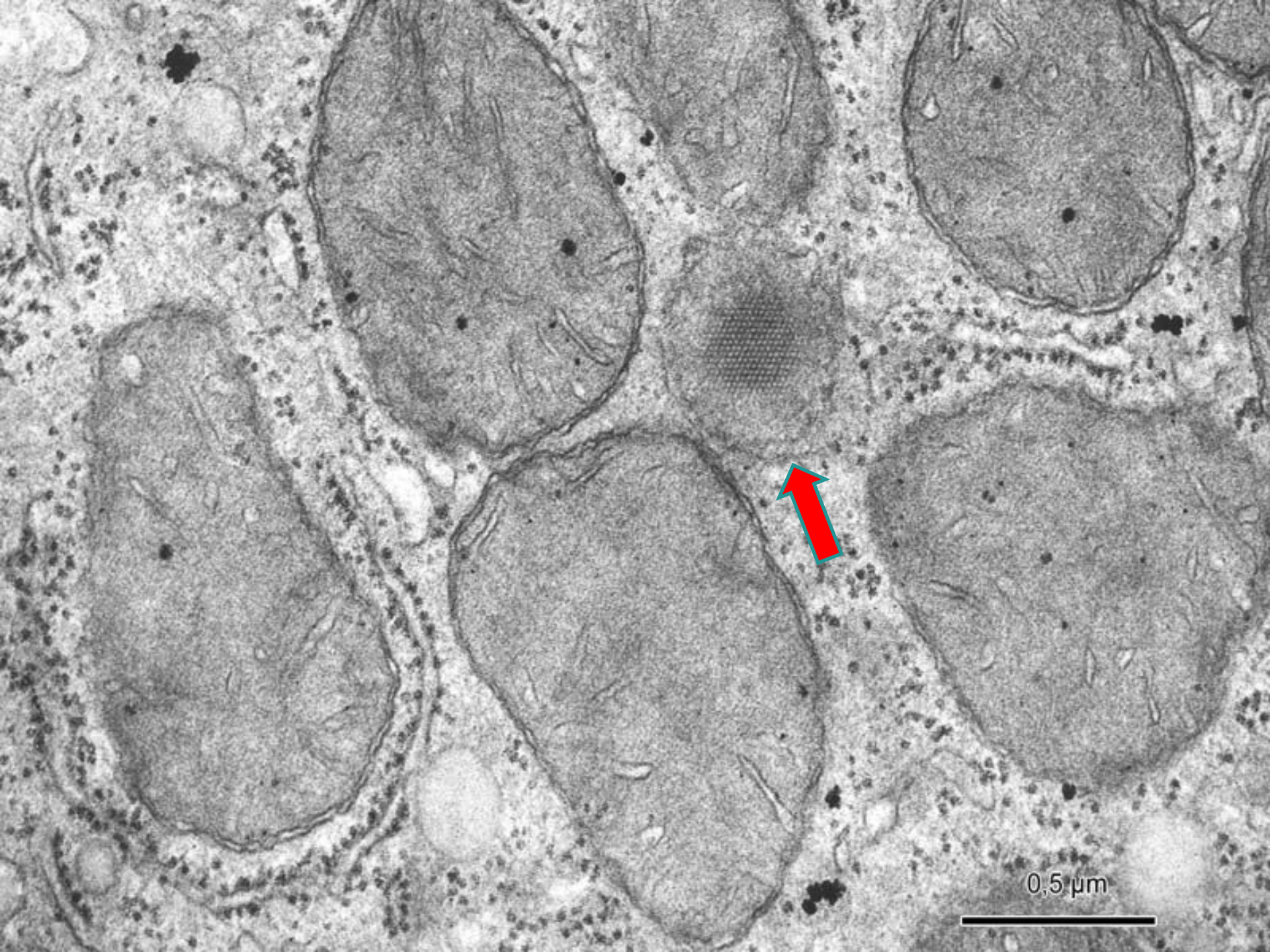
# Peroxisomy (mikrotělíska)

- Váčky – 0,1 - 0,5  $\mu\text{m}$   $\emptyset$ , jednoduchá membrána, matrix s oxidativními enzymy (peroxidáza, kataláza, urikáza aj.)



- [nukleoid = *krystaloid*]





0,5 μm



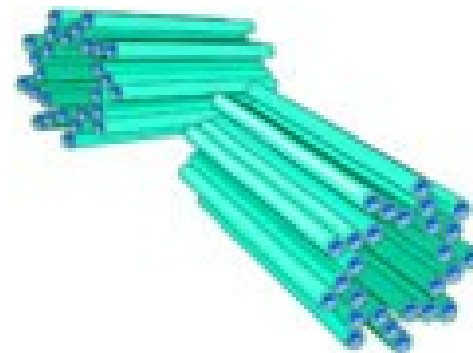
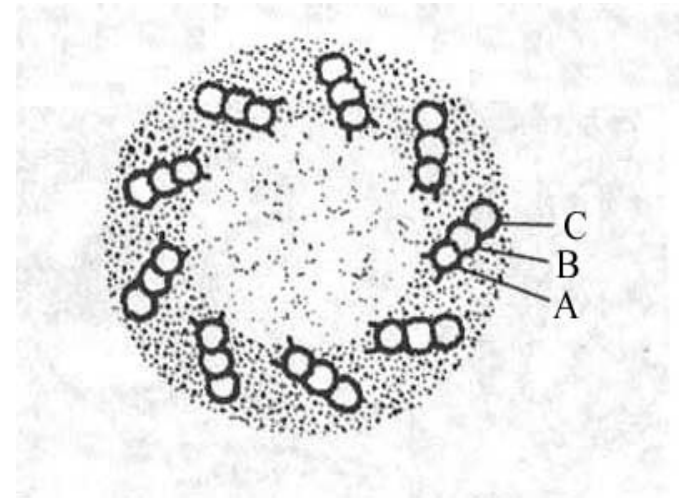


# Funkce lyzozomů a peroxisomů

- **Ly** – intracelulární digesce endo- a exogenního materiálu
- **Pe** – detoxikace (rozklad  $H_2O_2$ , štěpení purinů a MK)
  - účast na syntéze žlučových kyselin
  - účast na syntéze fosfolipidů

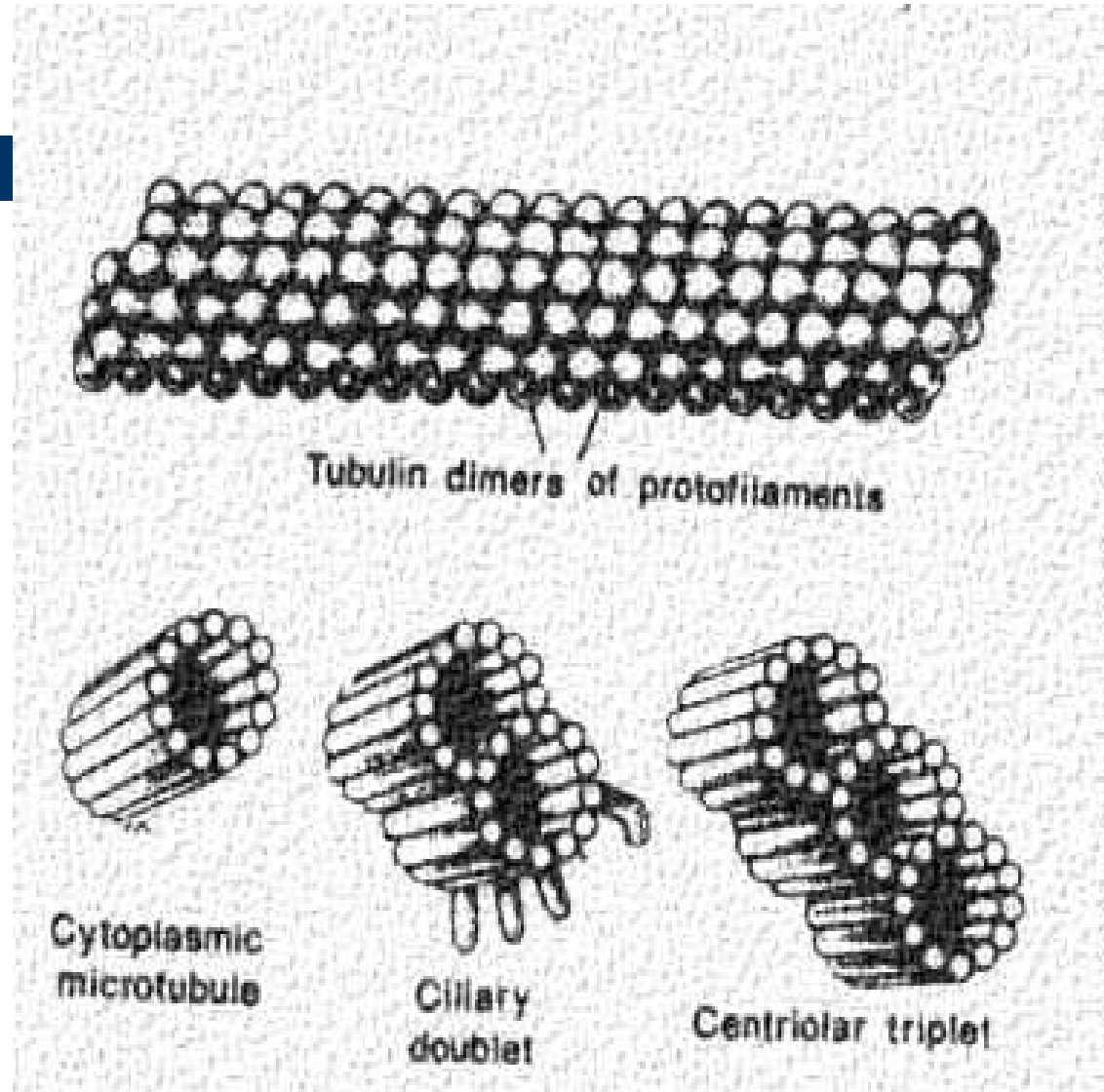
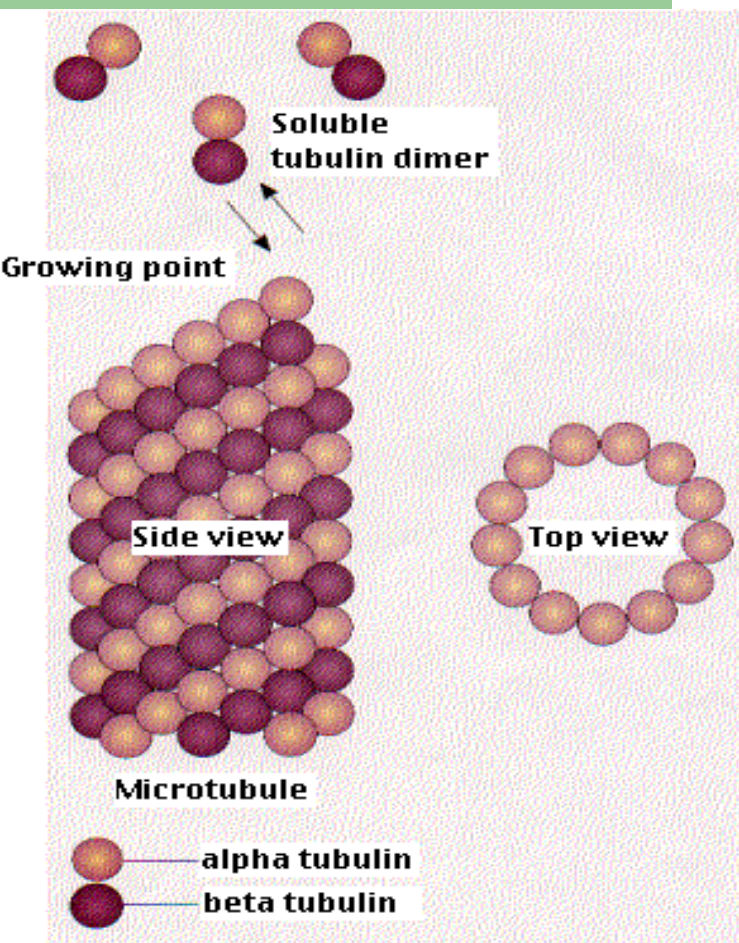
# Centriol

- Tvar: cylindr (válec)
- Velikost:  $\varnothing$  0,2  $\mu\text{m}$ , délka 0,3 - 0,5  $\mu\text{m}$
- Stavba: 9 tripletů mikrotubulů po obvodu stěny centriolu
- Výskyt v buňce (v interfázi): 1 pár centriolů [„T“] v oblasti cytoplazmy = centrosoma (blízko jádra)





# triplet mikrotubulů



CCO

C B A mikrotubulus  
10/10/13 protfilament

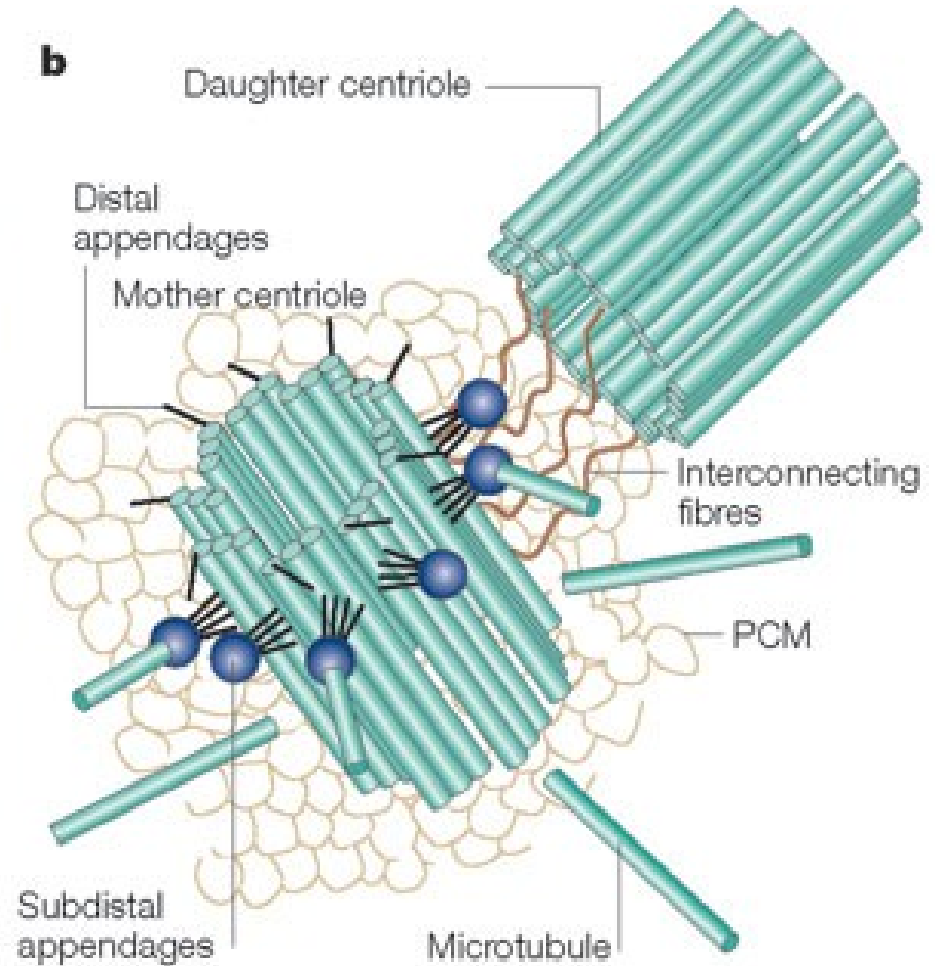


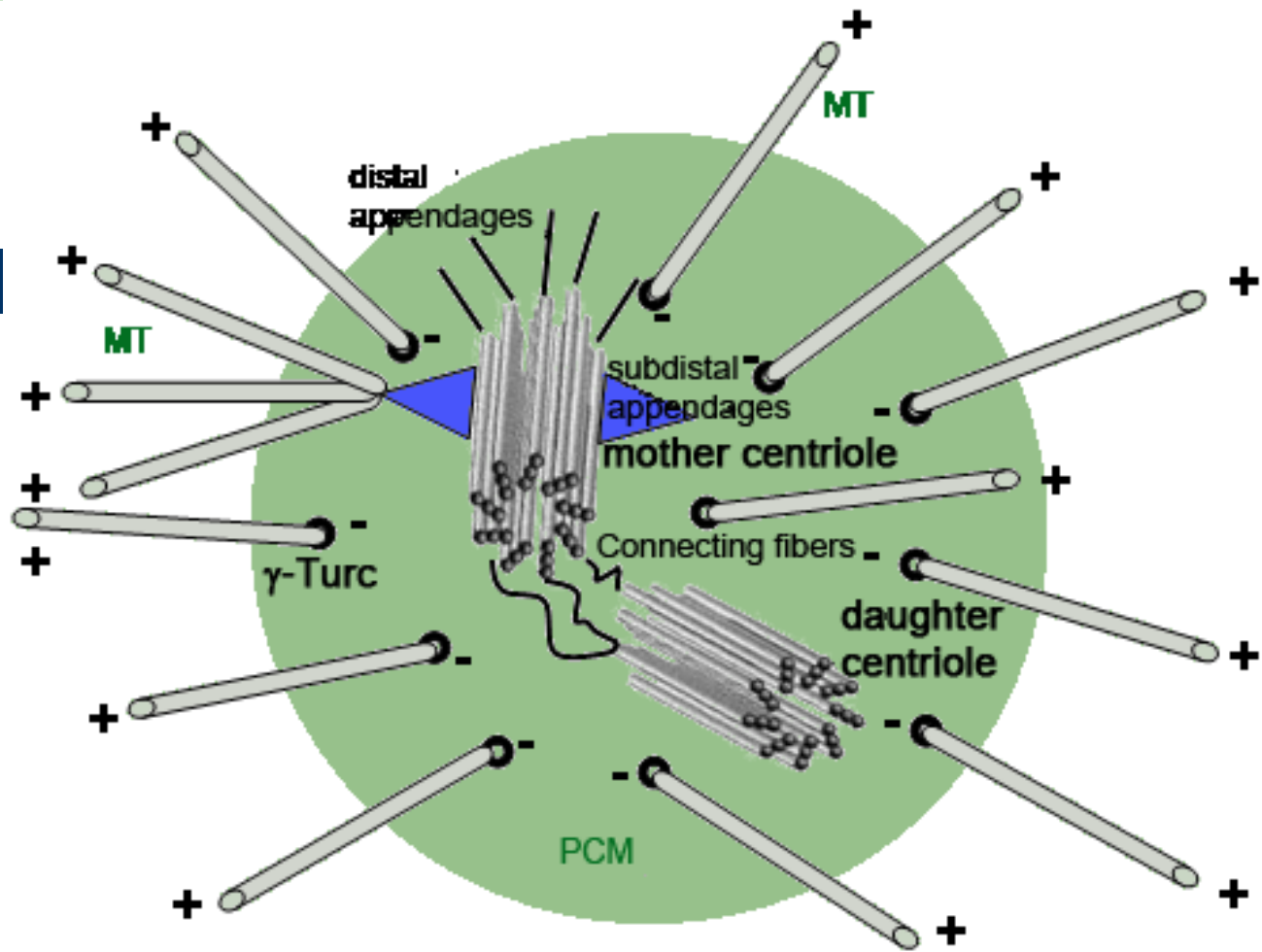
# Struktura centriolu

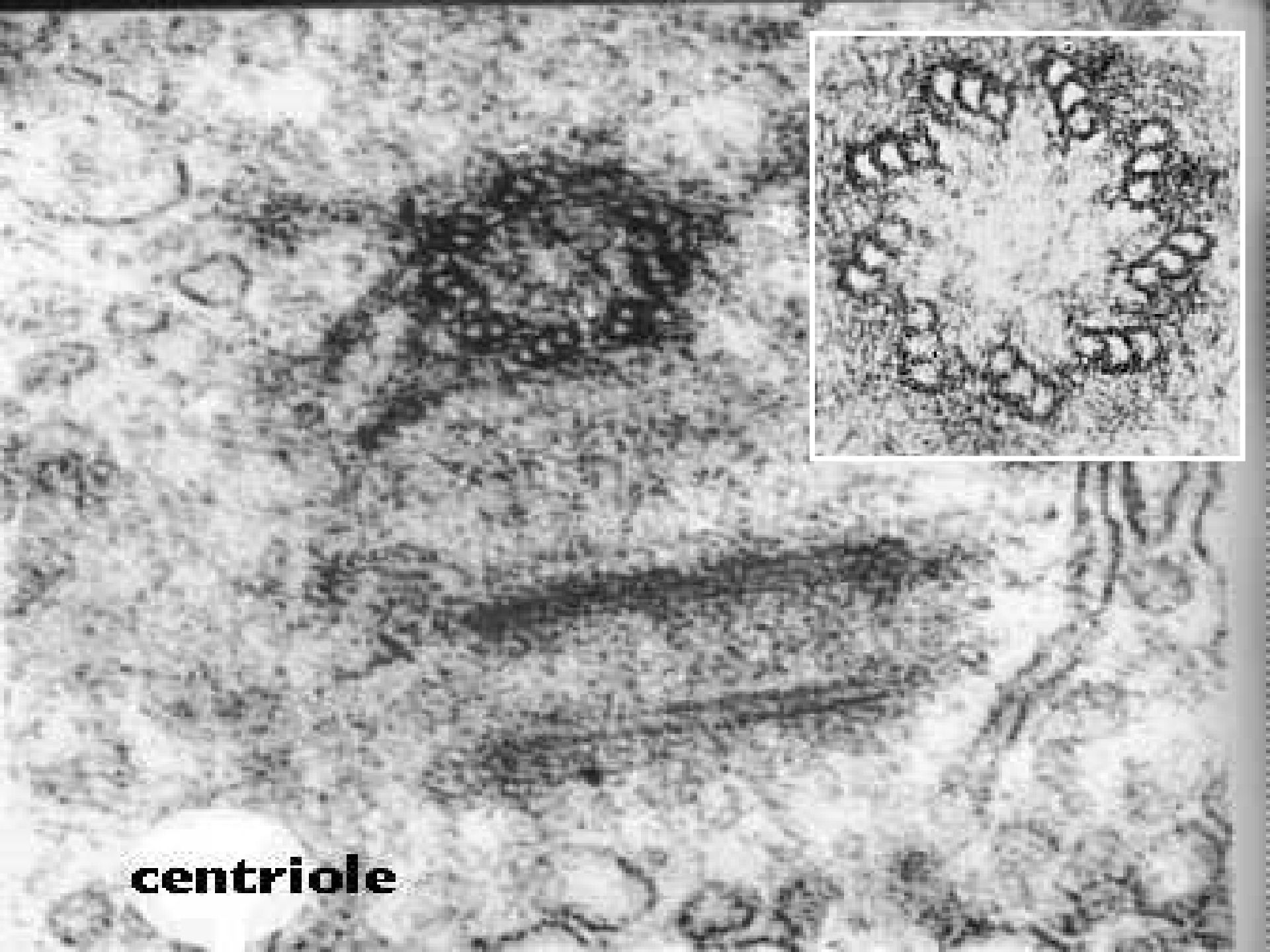
**a**



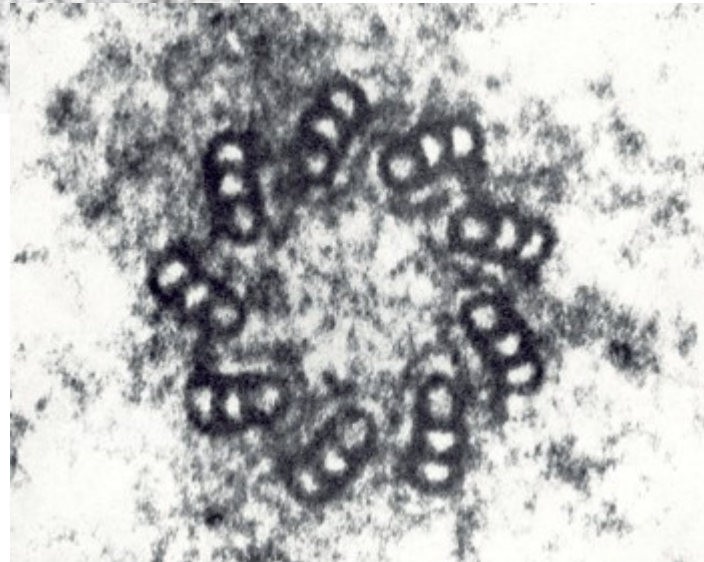
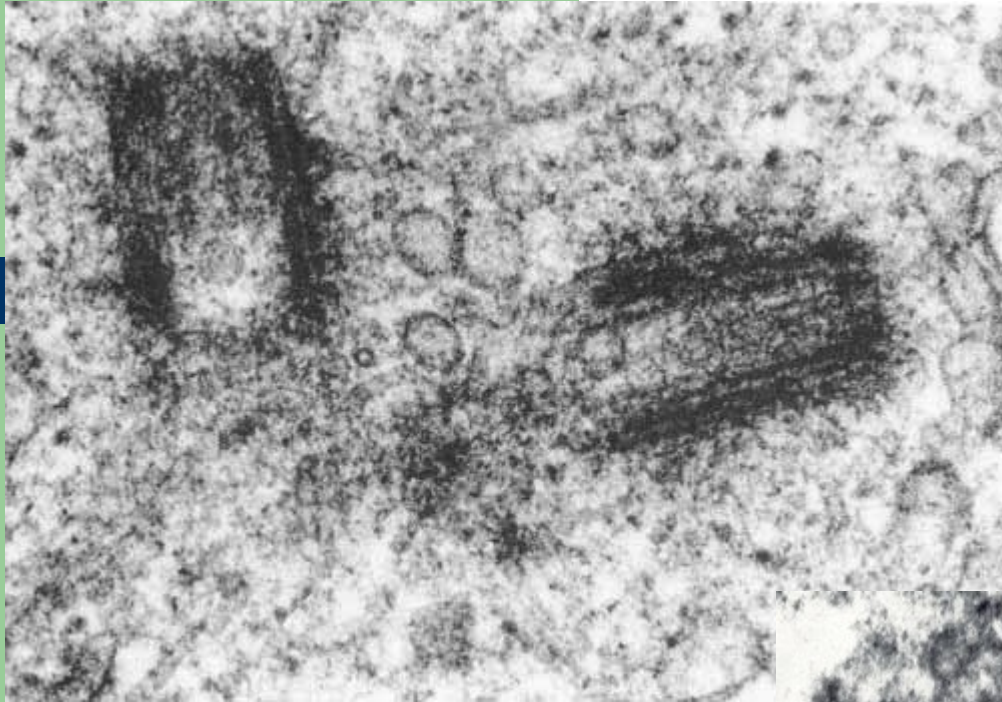
**b**







**centriole**

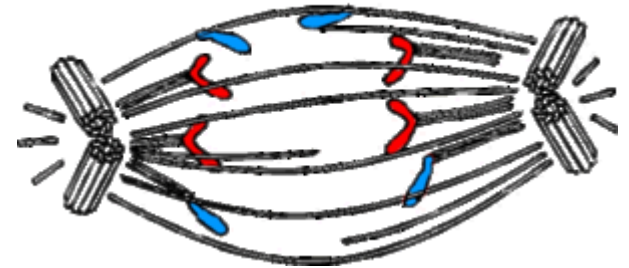




# Funkce centriolů

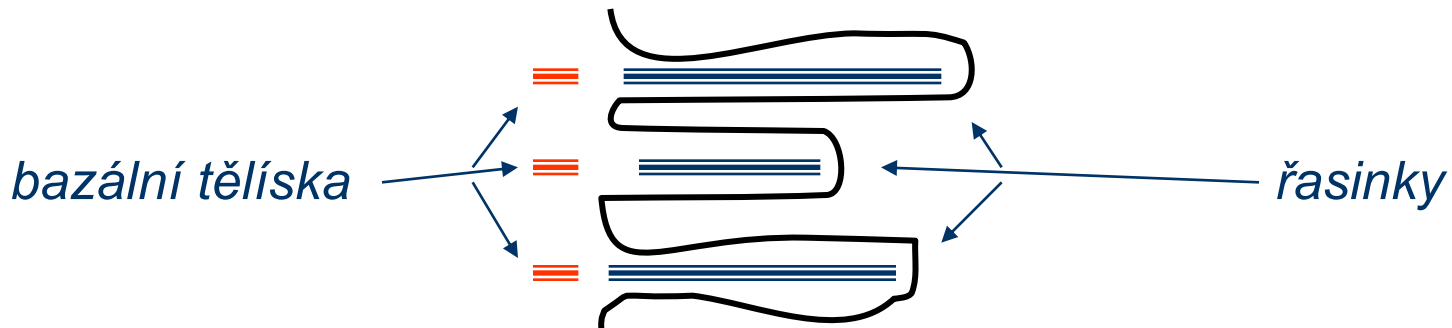
Duplikace centriolů v průběhu dělení buňky

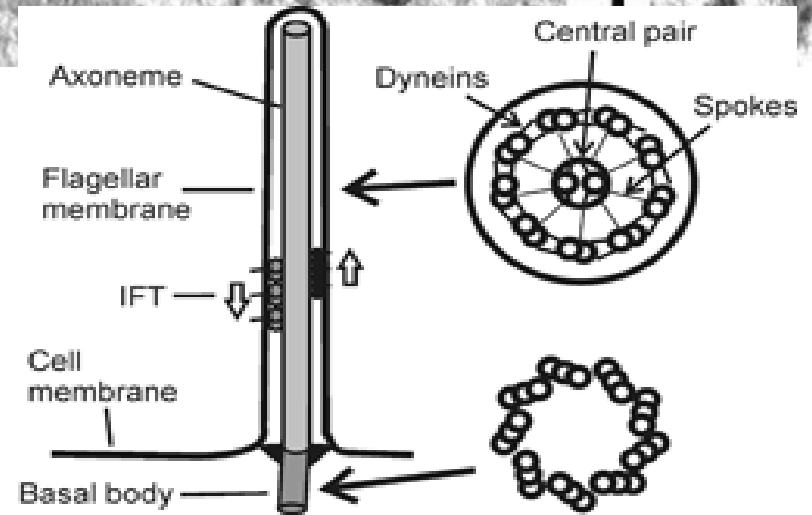
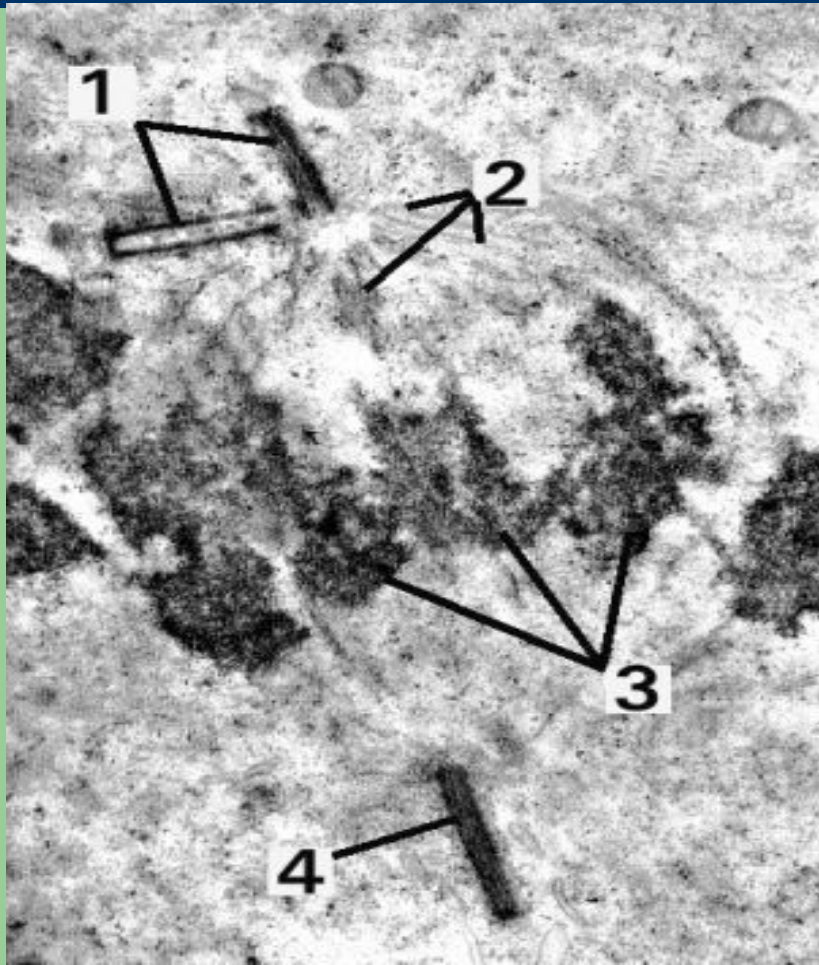
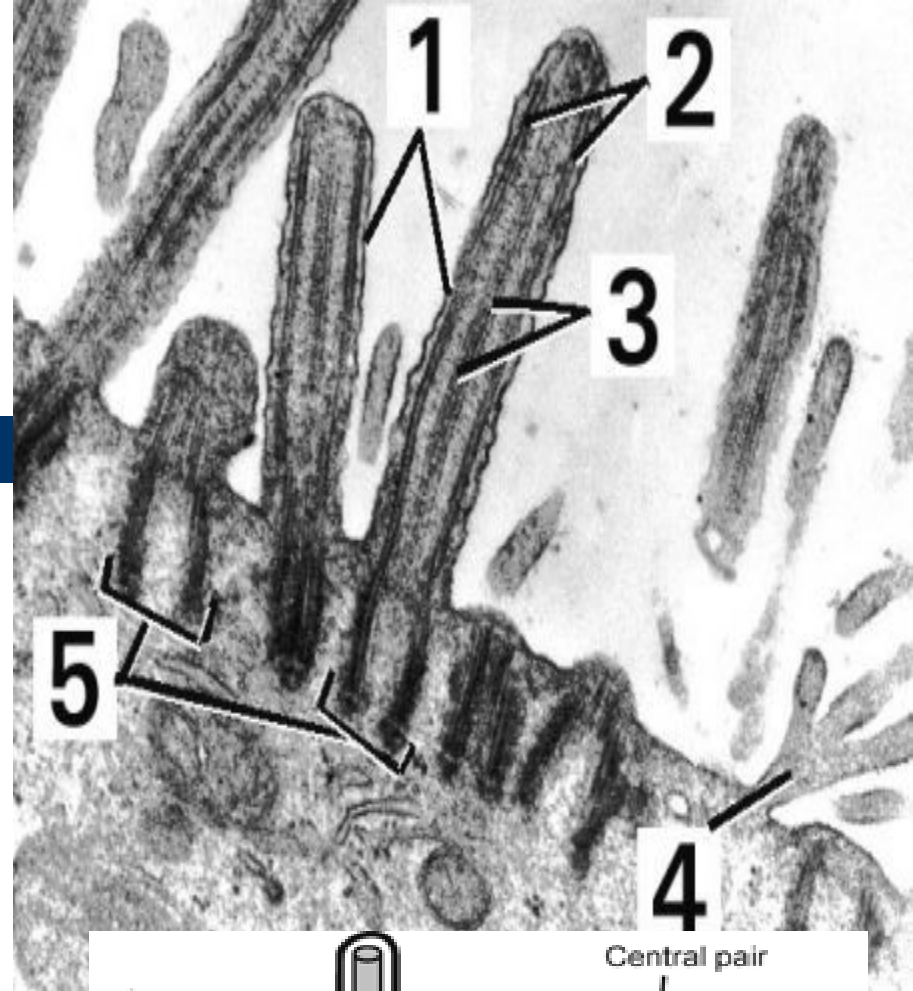
⇒ vznik dělicího vřeténka



Mnohočetná replikace centriolů v průběhu ciliogeneze

⇒ vznik bazálních tělísek řasinek



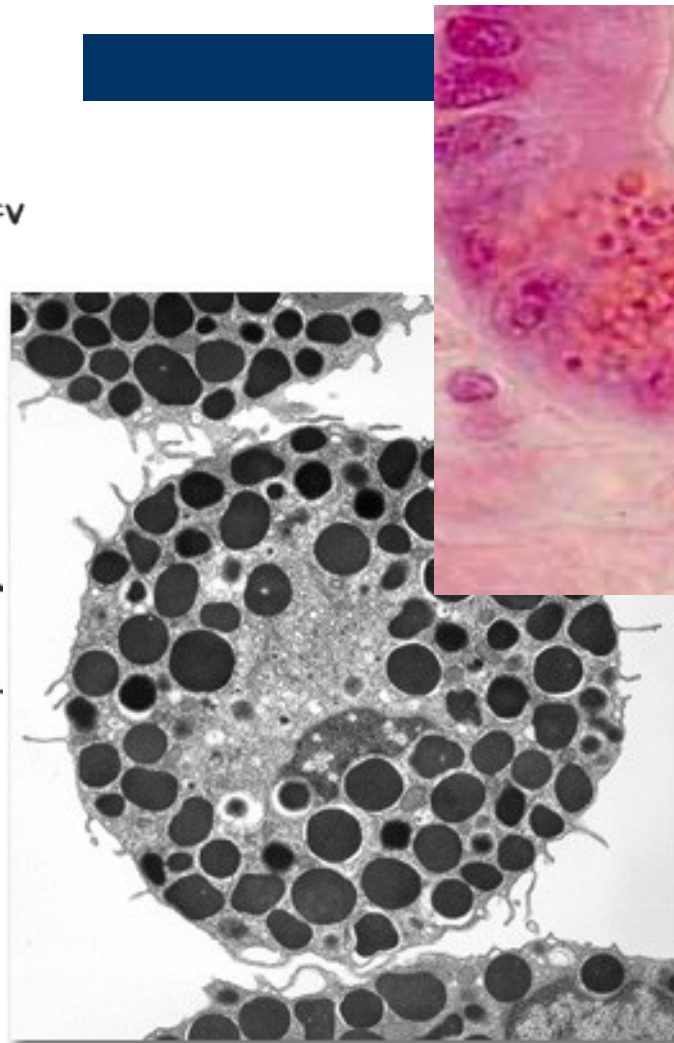
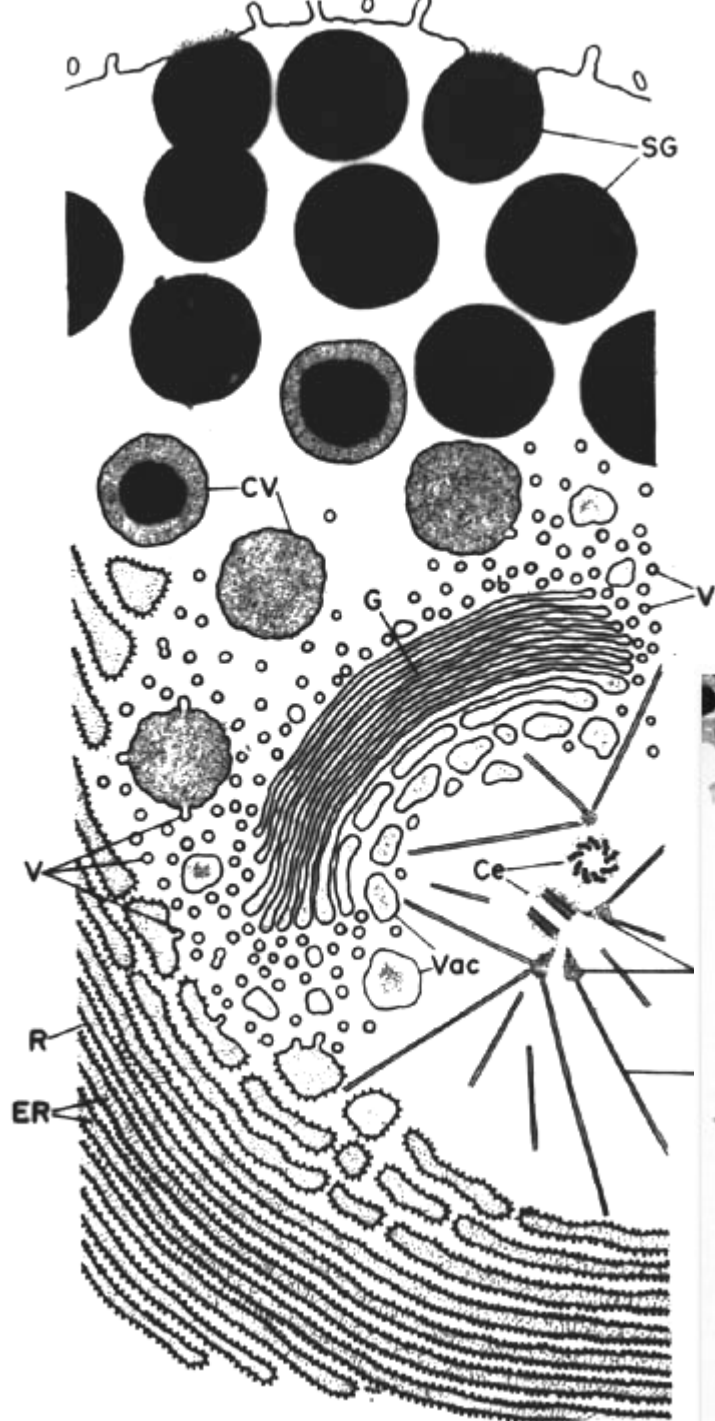


# Inkluze

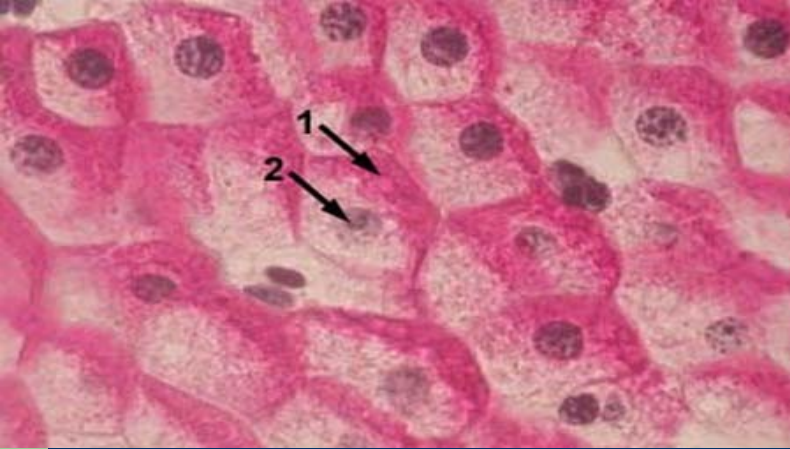
## přechodné (dočasné) součásti buňky

- Sekreční granula
- Zásobní látky
  - glykogen
  - lipidové kapky
- Krystaly (proteiny)
- Pigmenty
  - endogenní
    - autogenní (melanin)
    - aj. → hematogenní
    - lipofuscin
  - exogenní – prach, barviva (karoteny), tetováž

# Sekreční granula





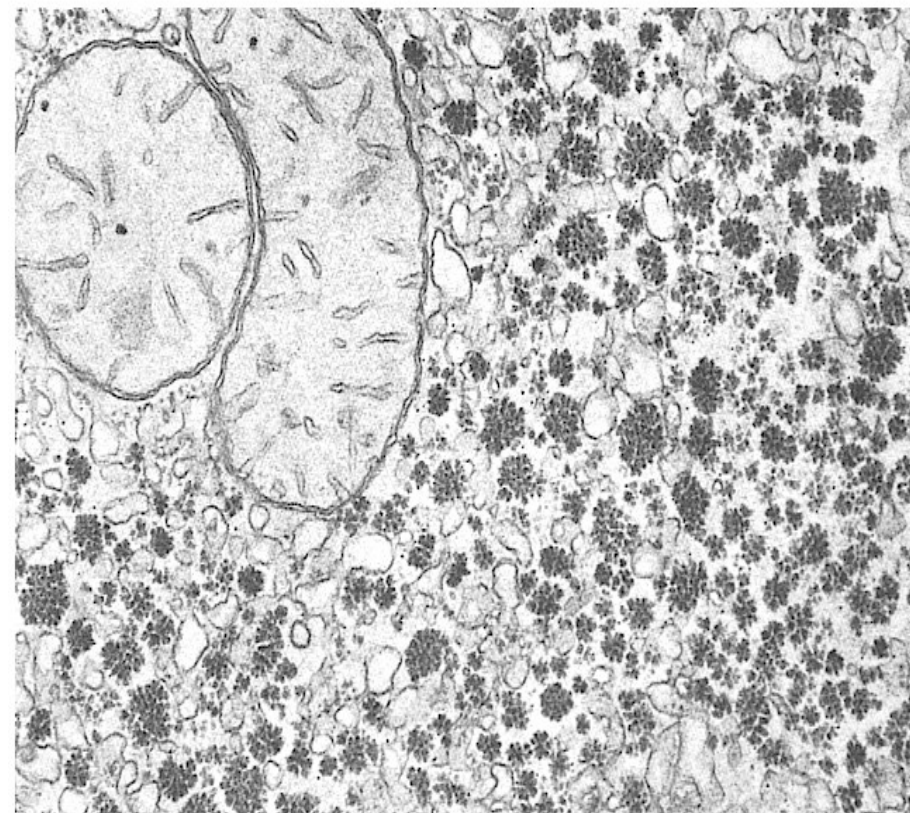
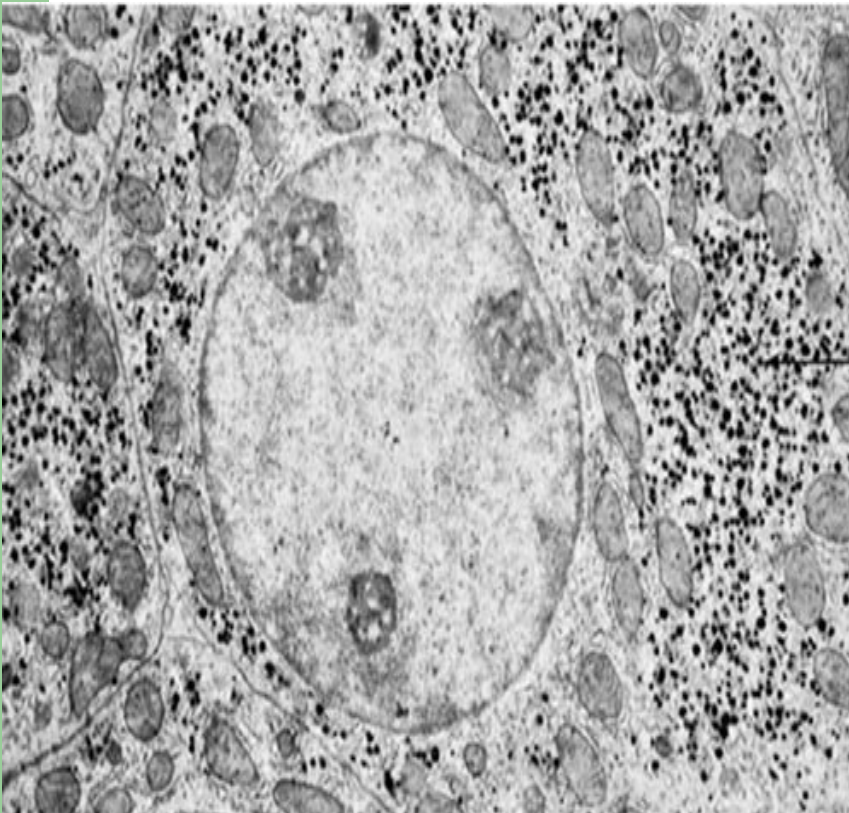


# Glykogen

lineární, bohatě větvený polymer  
složený z molekul glukózy

- $\beta$  – granula (40 nm)

- $\alpha$  – granula (až 400 nm)

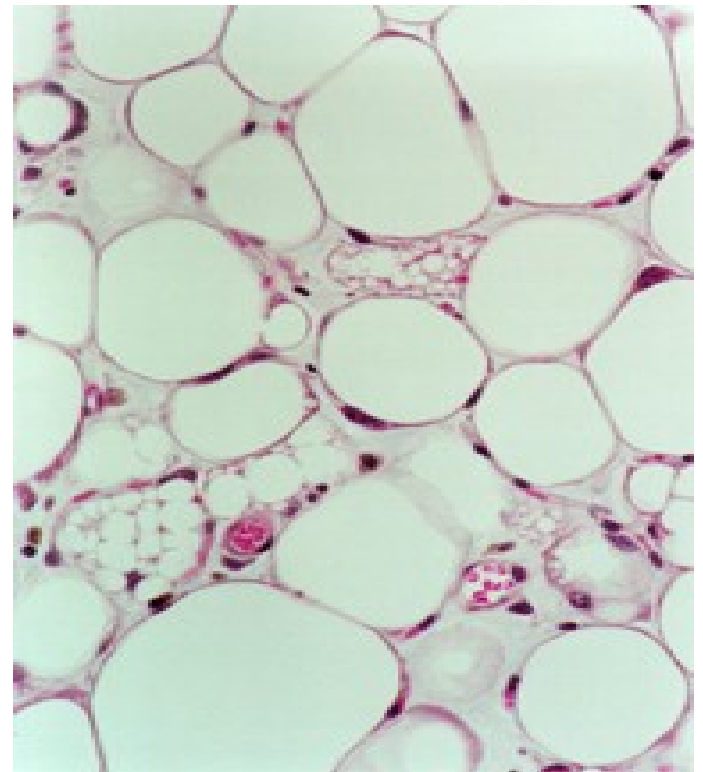
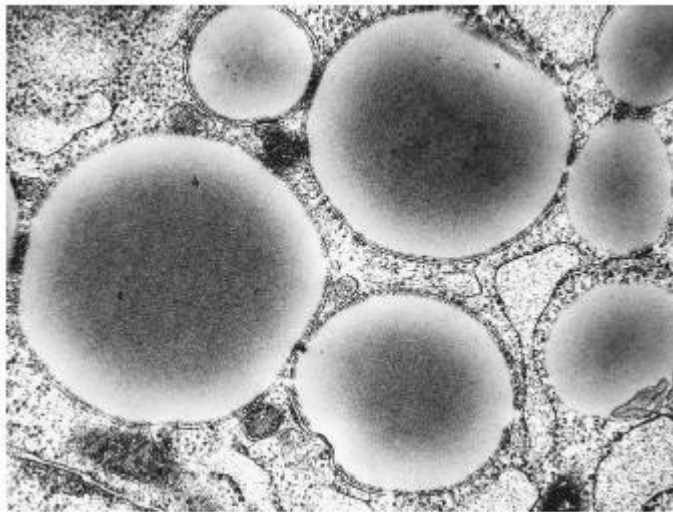


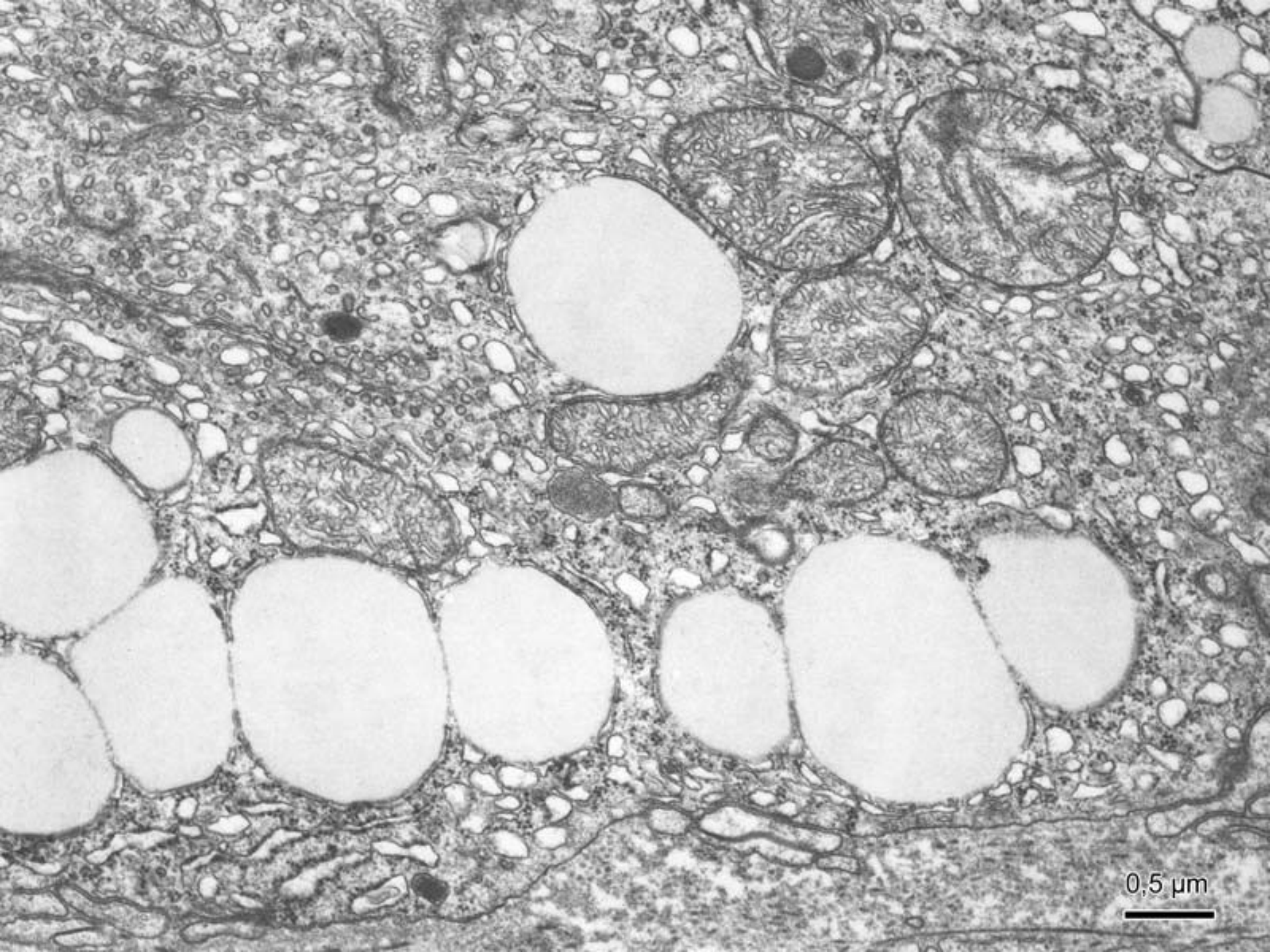


0,5  $\mu\text{m}$



# Lipidové kapky

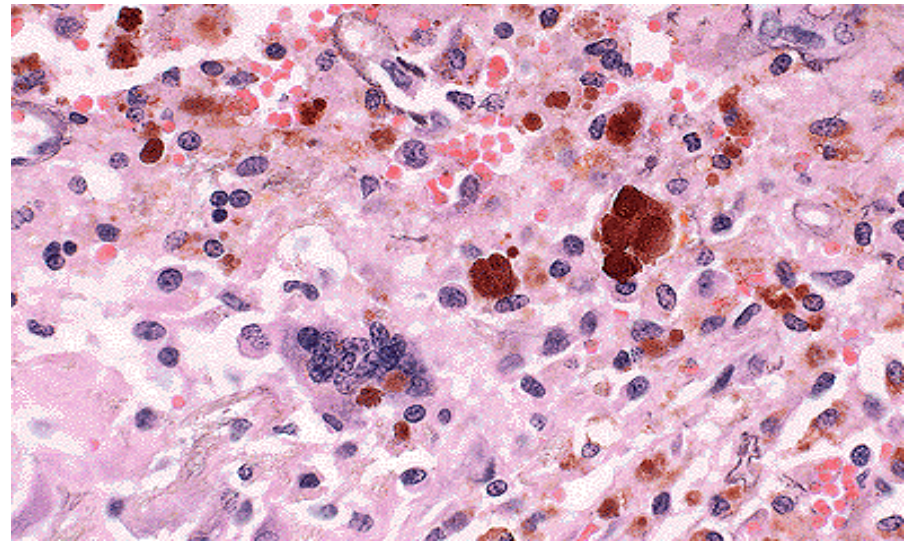
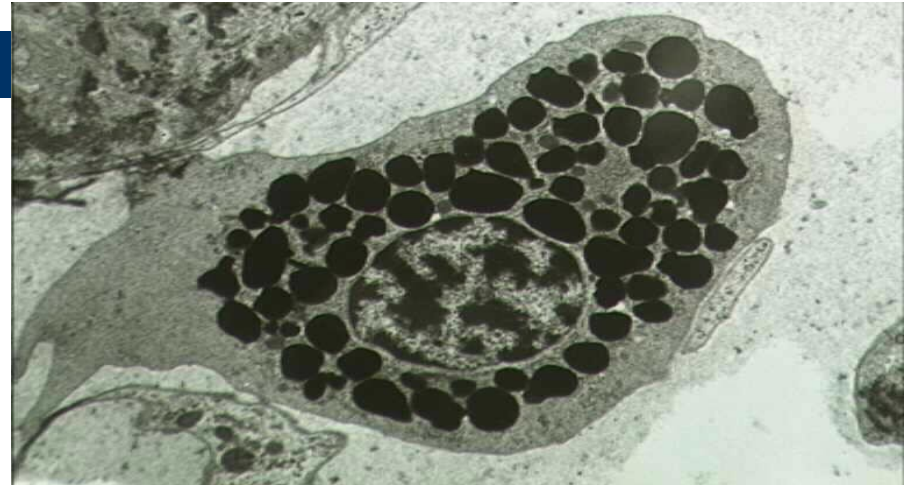
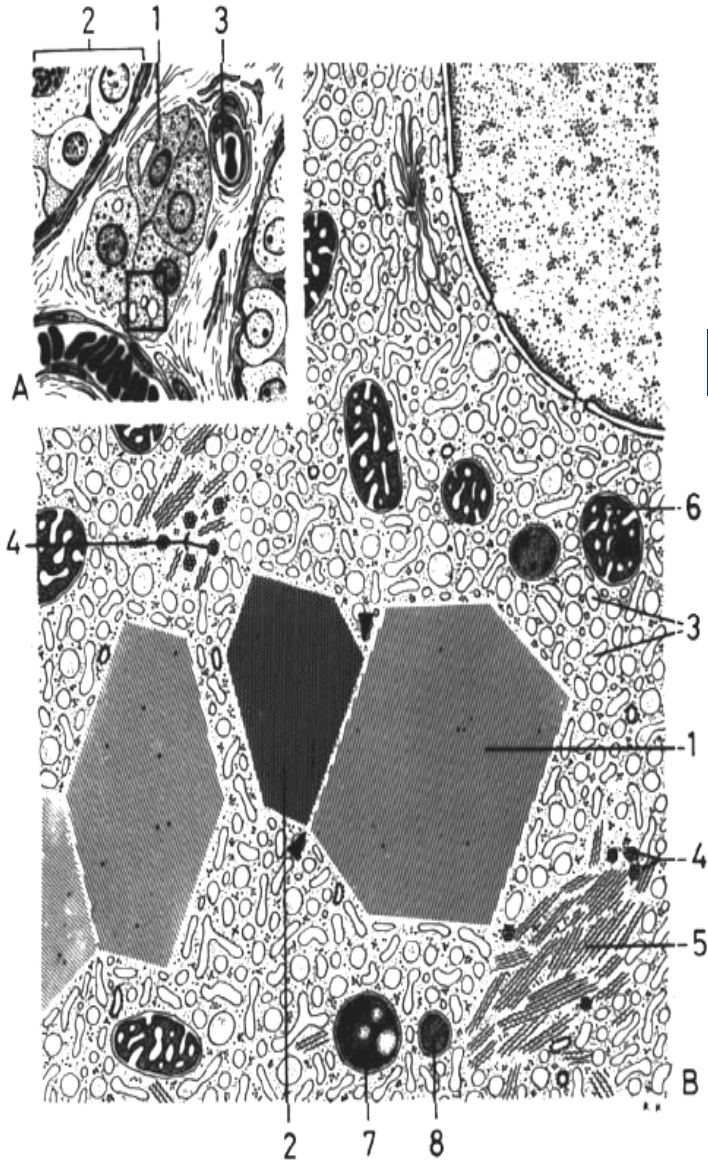




0,5 μm

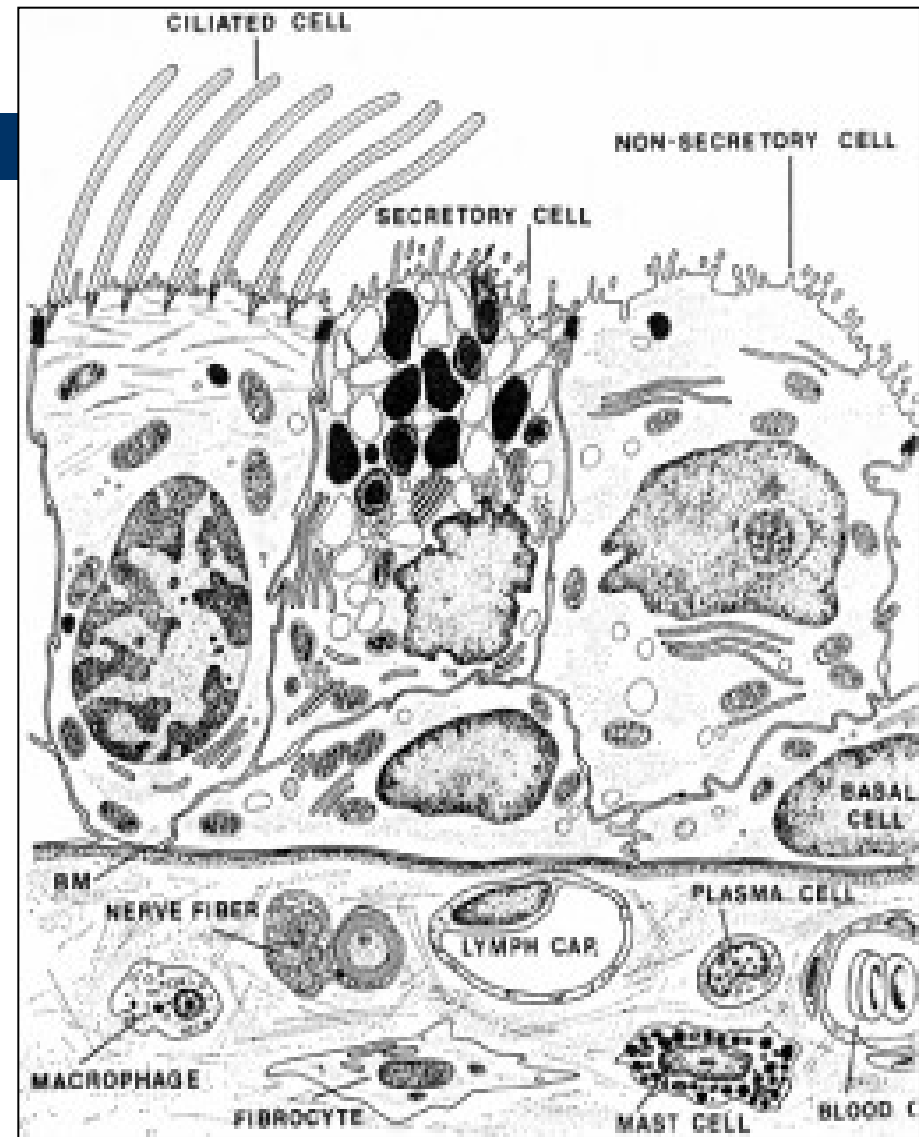


# Krystaly, pigmenty



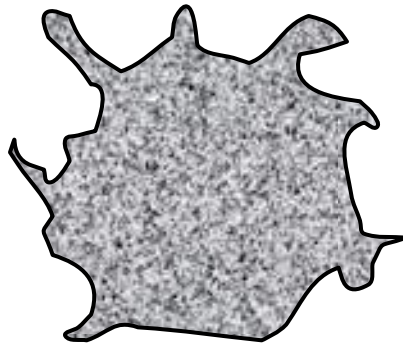
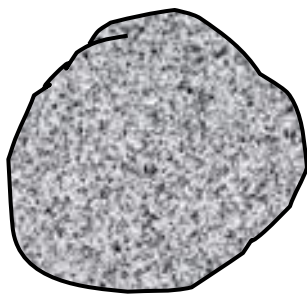
# Buněčný povrch

- Volný povrch
  - hladký nebo s výběžky (mikrokly, řasinky, bičíky)
- Povrch přivrácený k jiné buňce (laterální)
  - mezibuněčné spoje
- Bazální povrch (přivrácený k nebuněčné struktuře – lamina basalis nebo bazální membrána – poloviční spoje (hemidesmosomy))

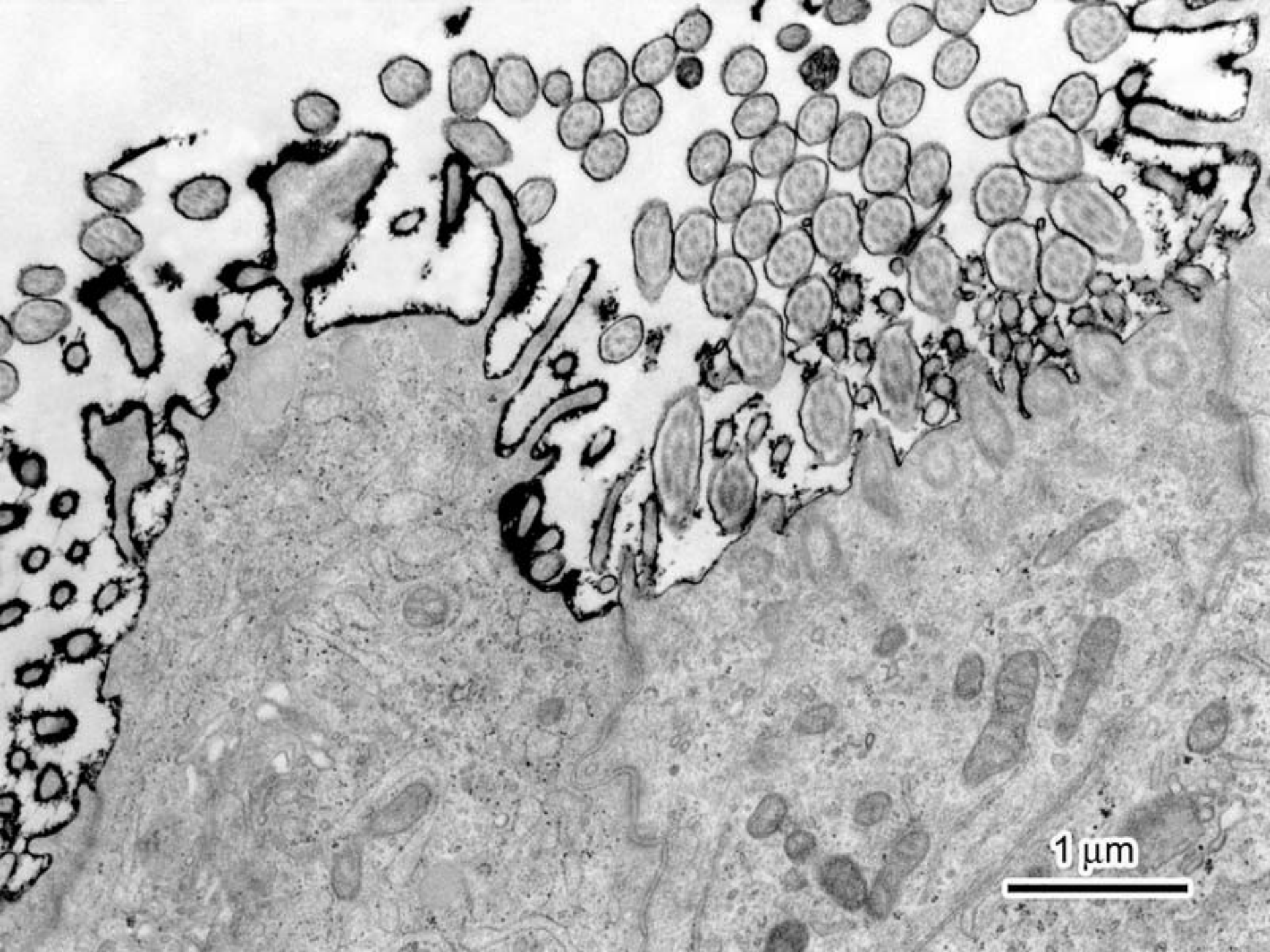


# Volný povrch

- hladký (rovný nebo členitý – *např. pseudopodie*)
- mikroklky
- kinocilie, flagella



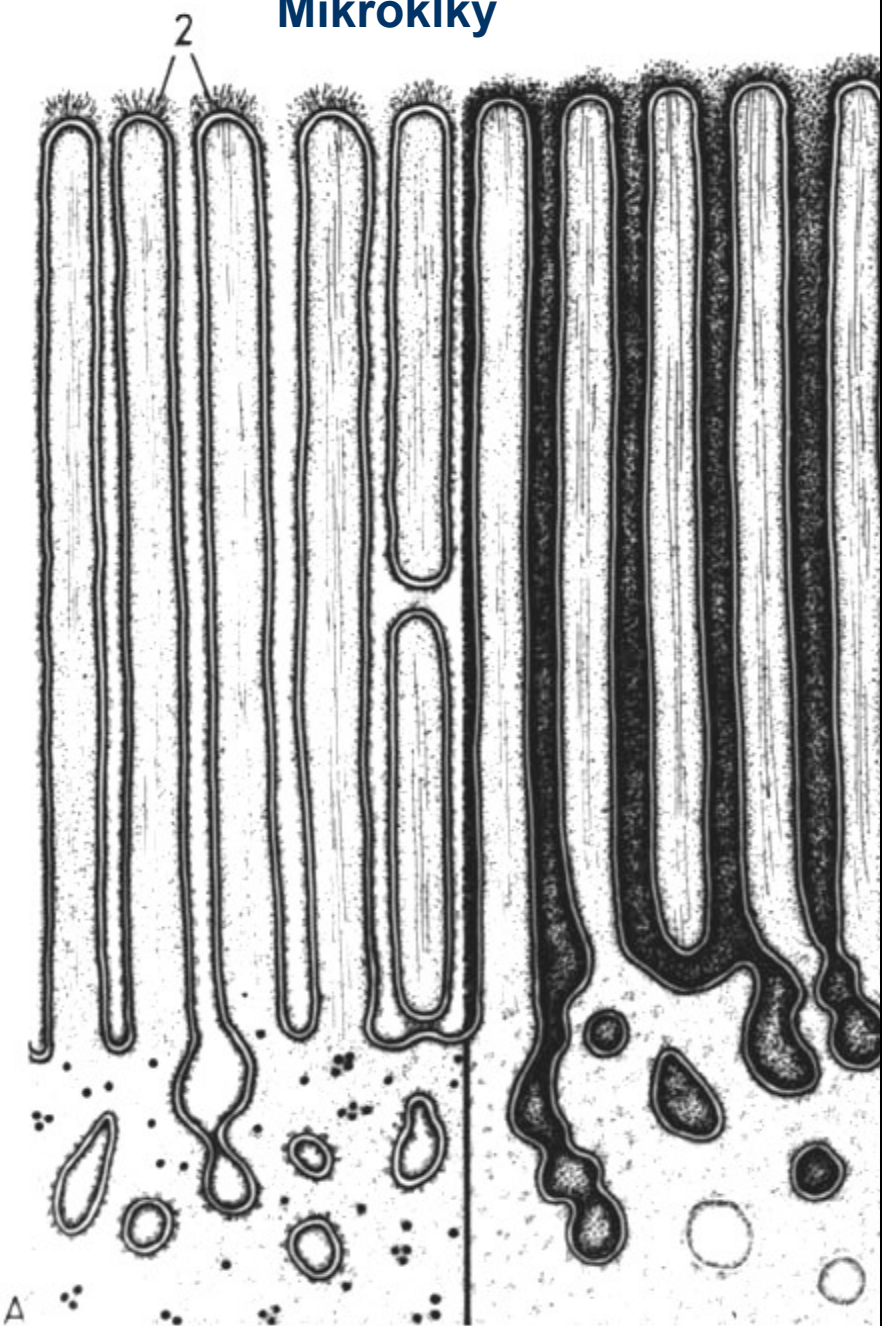




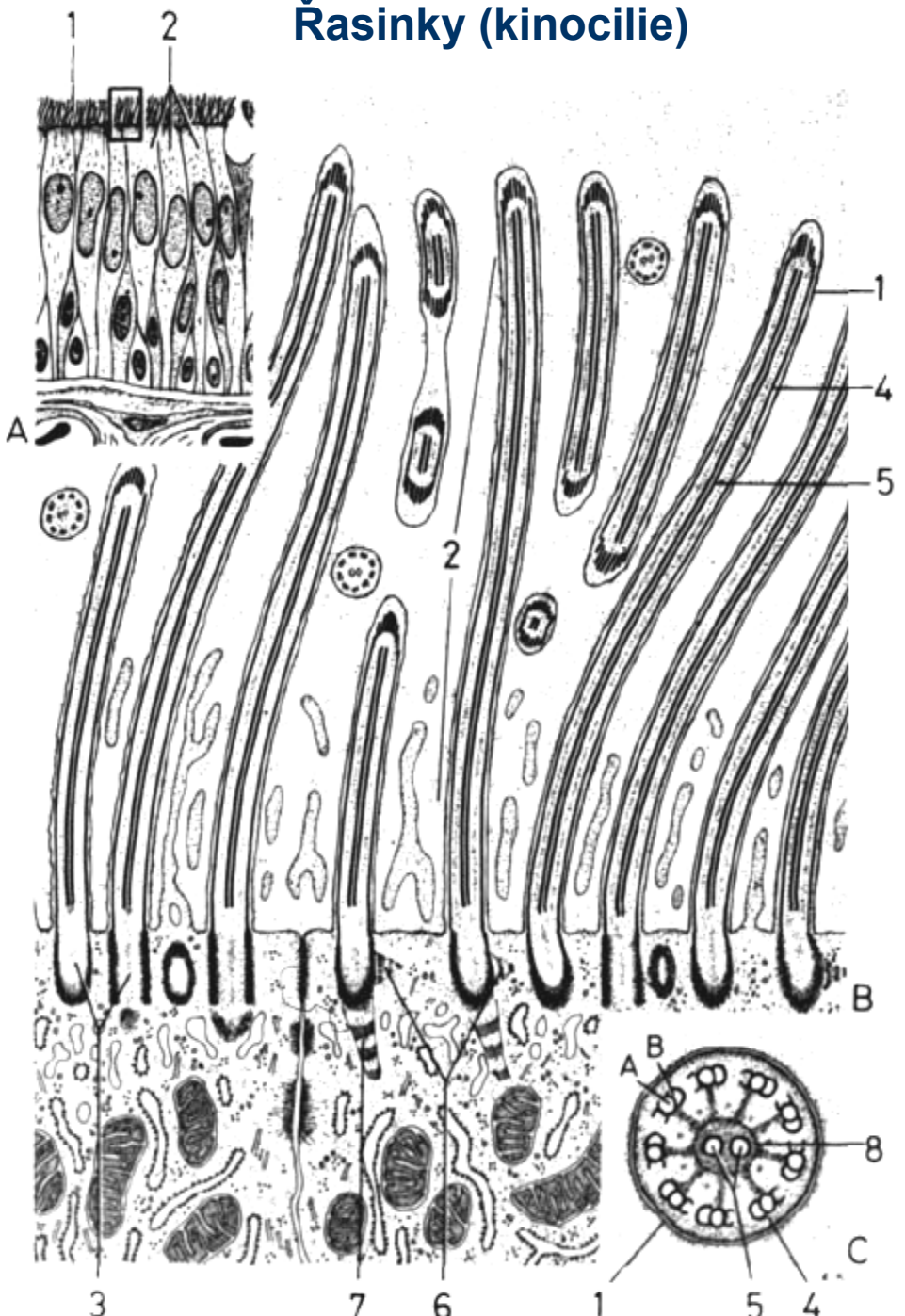
1 μm



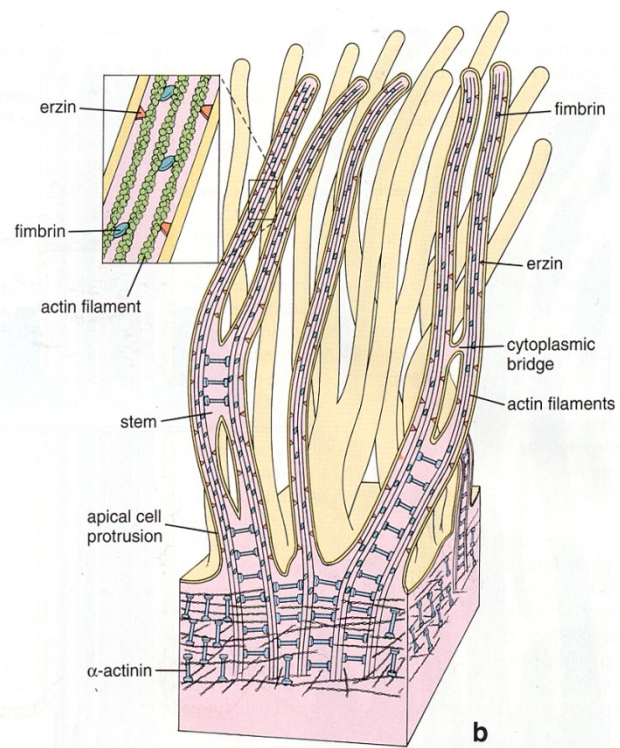
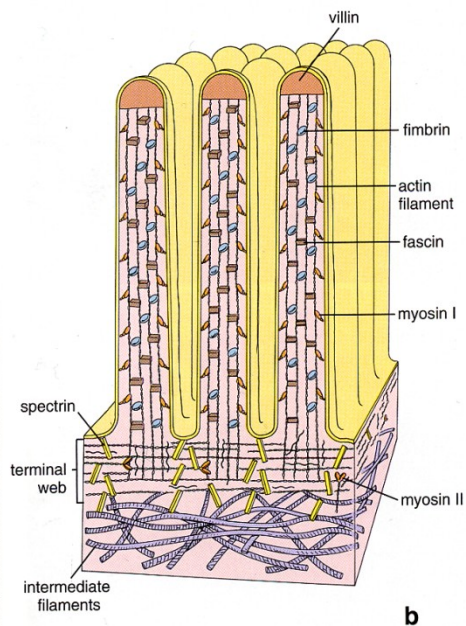
# Mikroklky



# Řasinky (kinocilie)



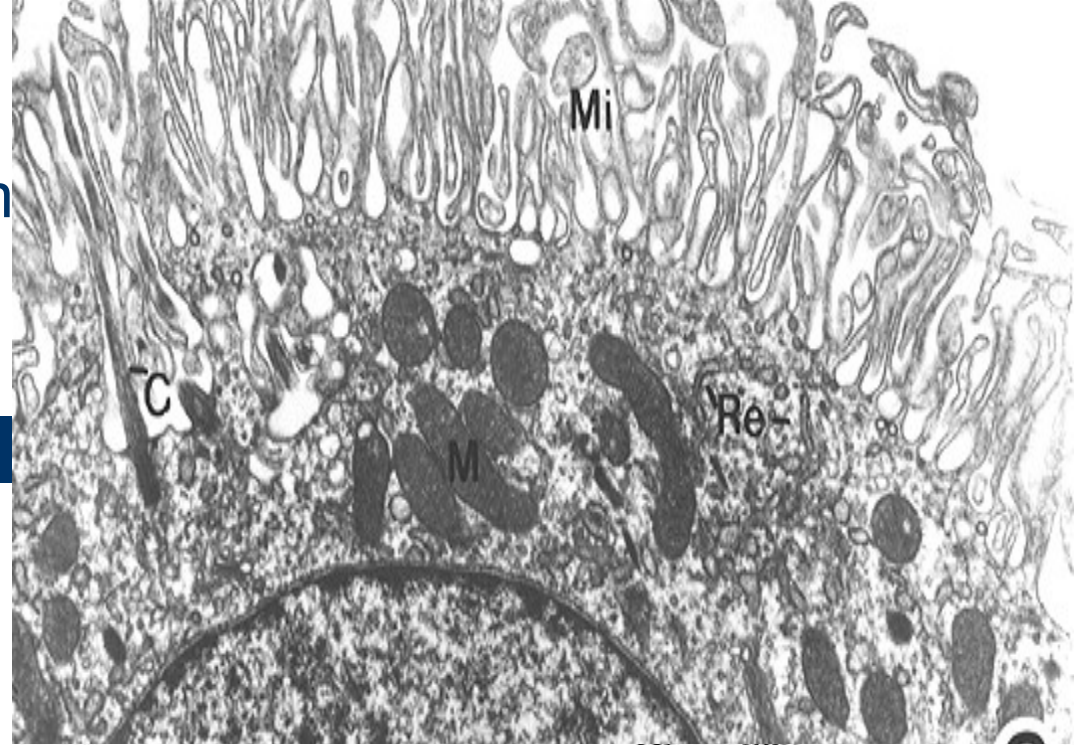




**Mikroklky** = výběžky cytoplazmy vyztužené aktinovými mikrofilamenty – dle uspořádání:

- krátké, nepravidelné
- žíhaná kutikula – *př. epitel. bb. střeva*
- kartáčový lem – *př. kanálky nefronu*
- stereocilie – *př. ductus deferens*

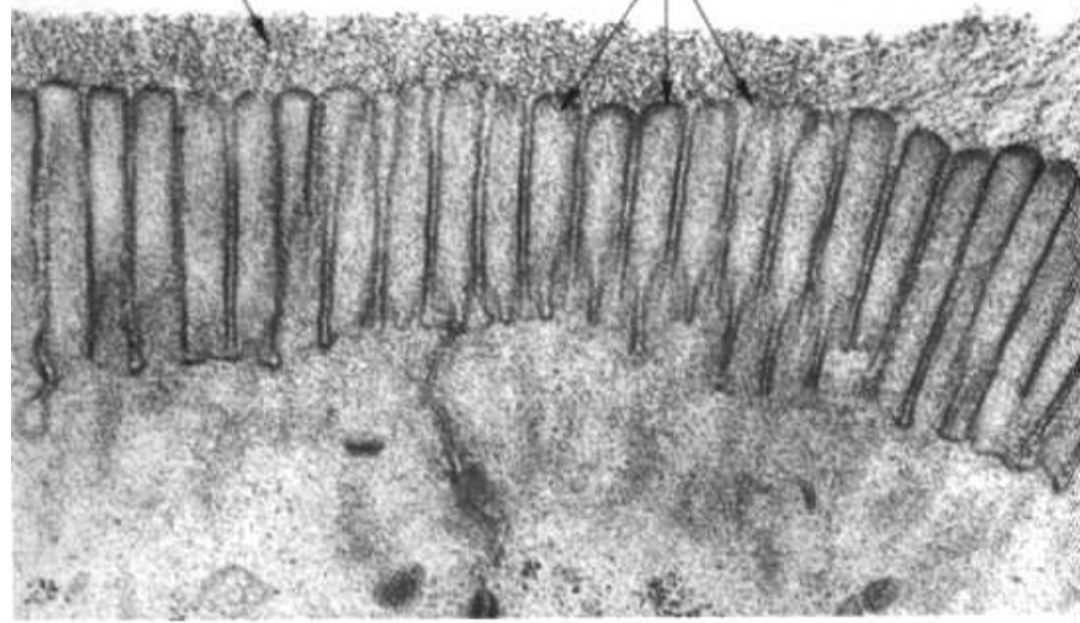
kartáčový lem



Glycocalyx

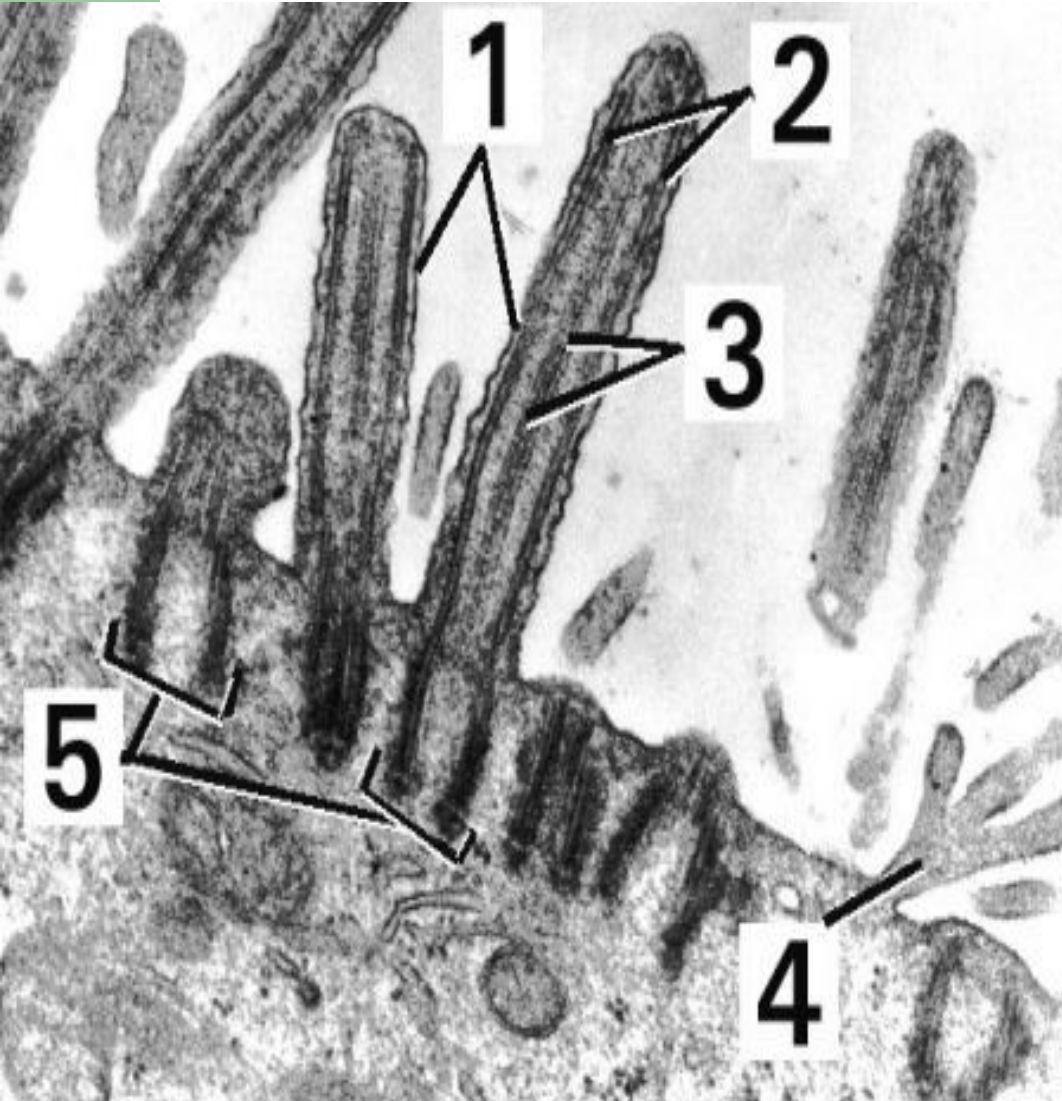
Microvilli

žíhaná kutikula



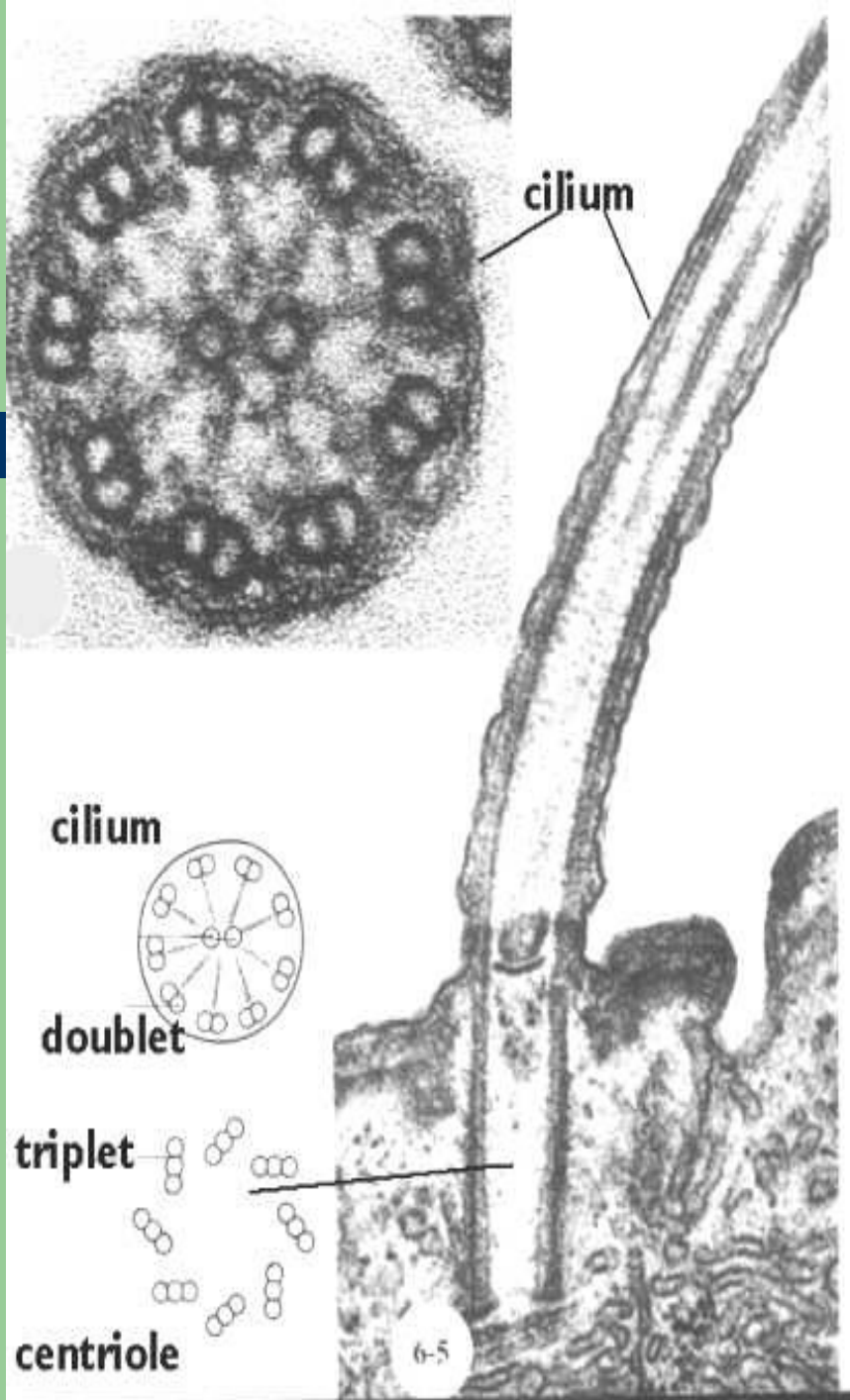


# Kinocilium a flagellum (řasinka a bičík)

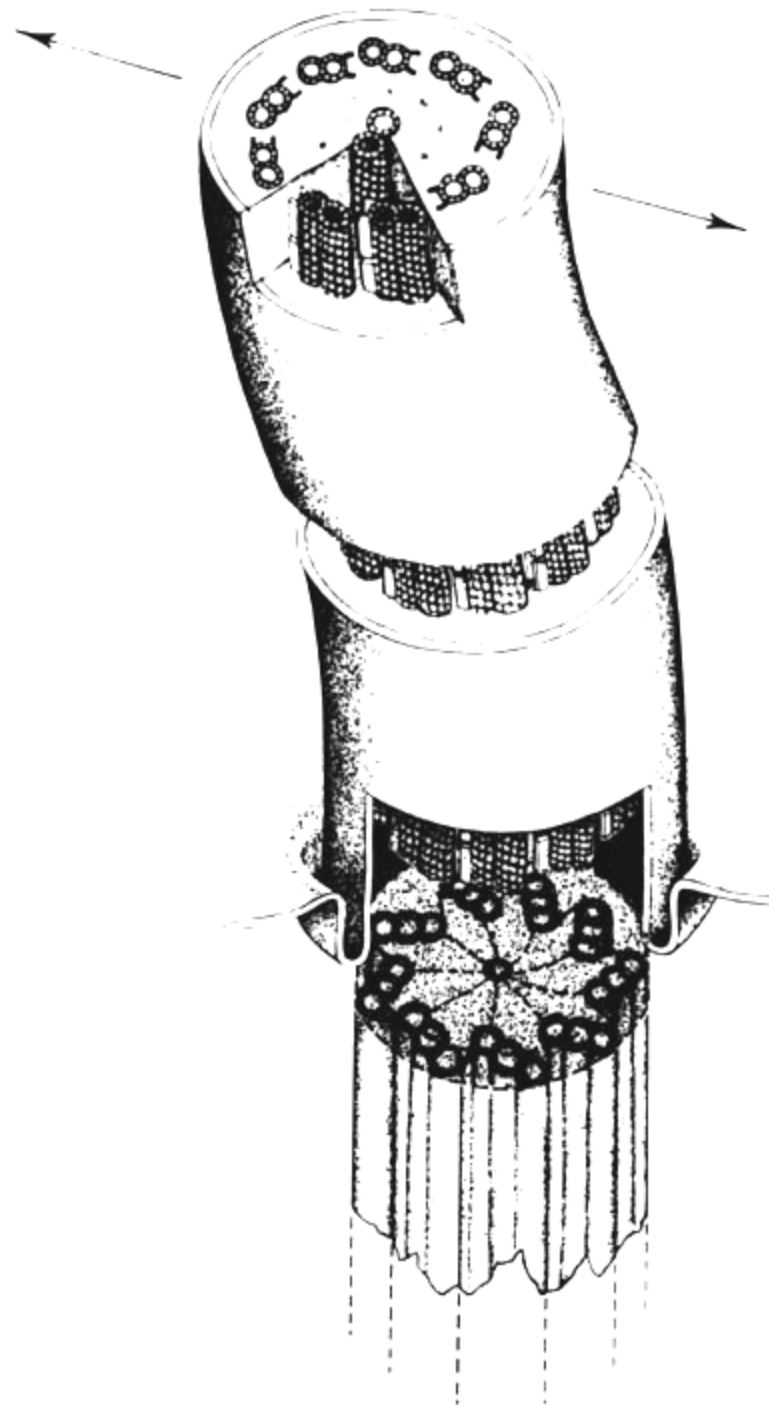
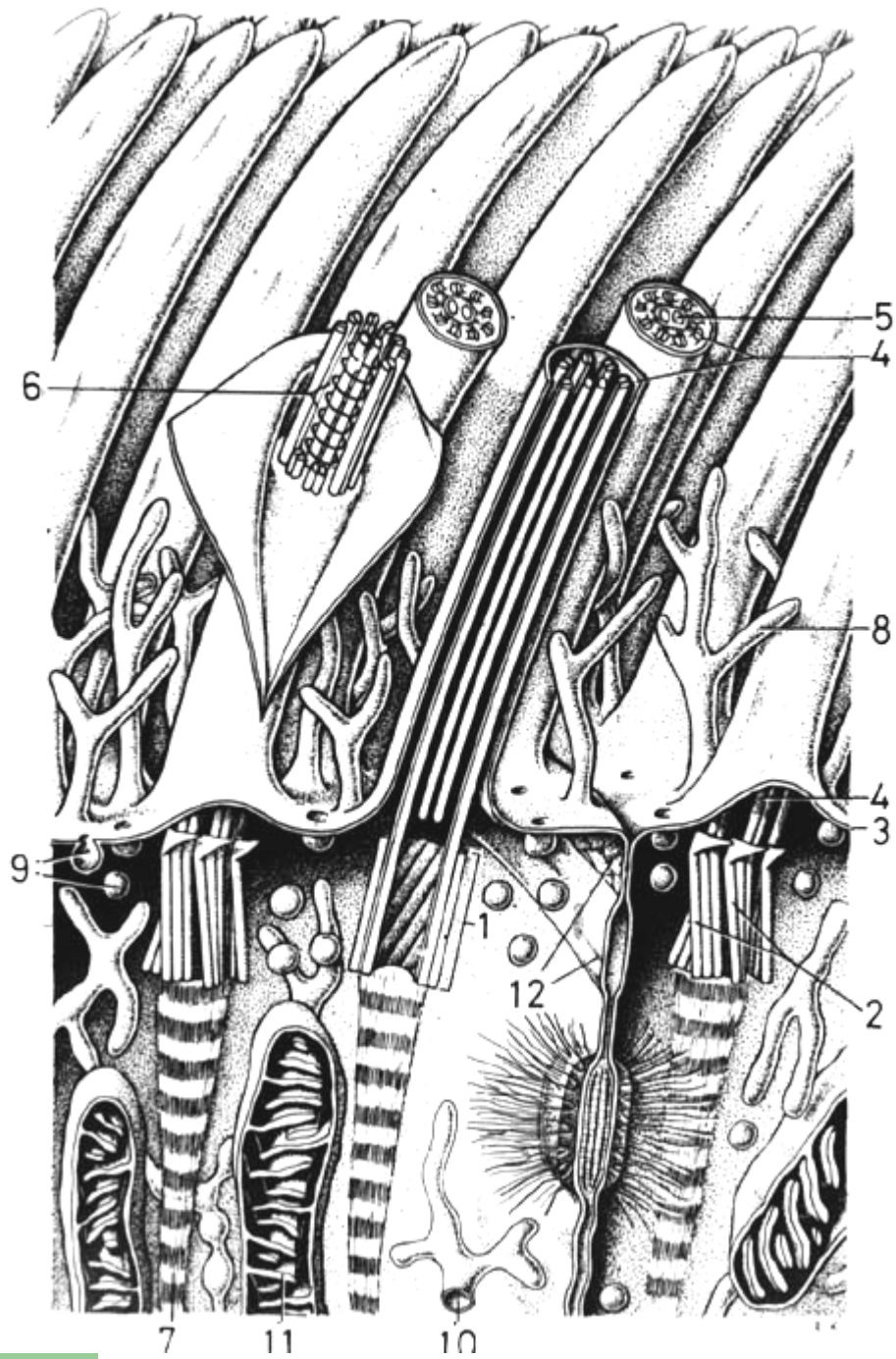




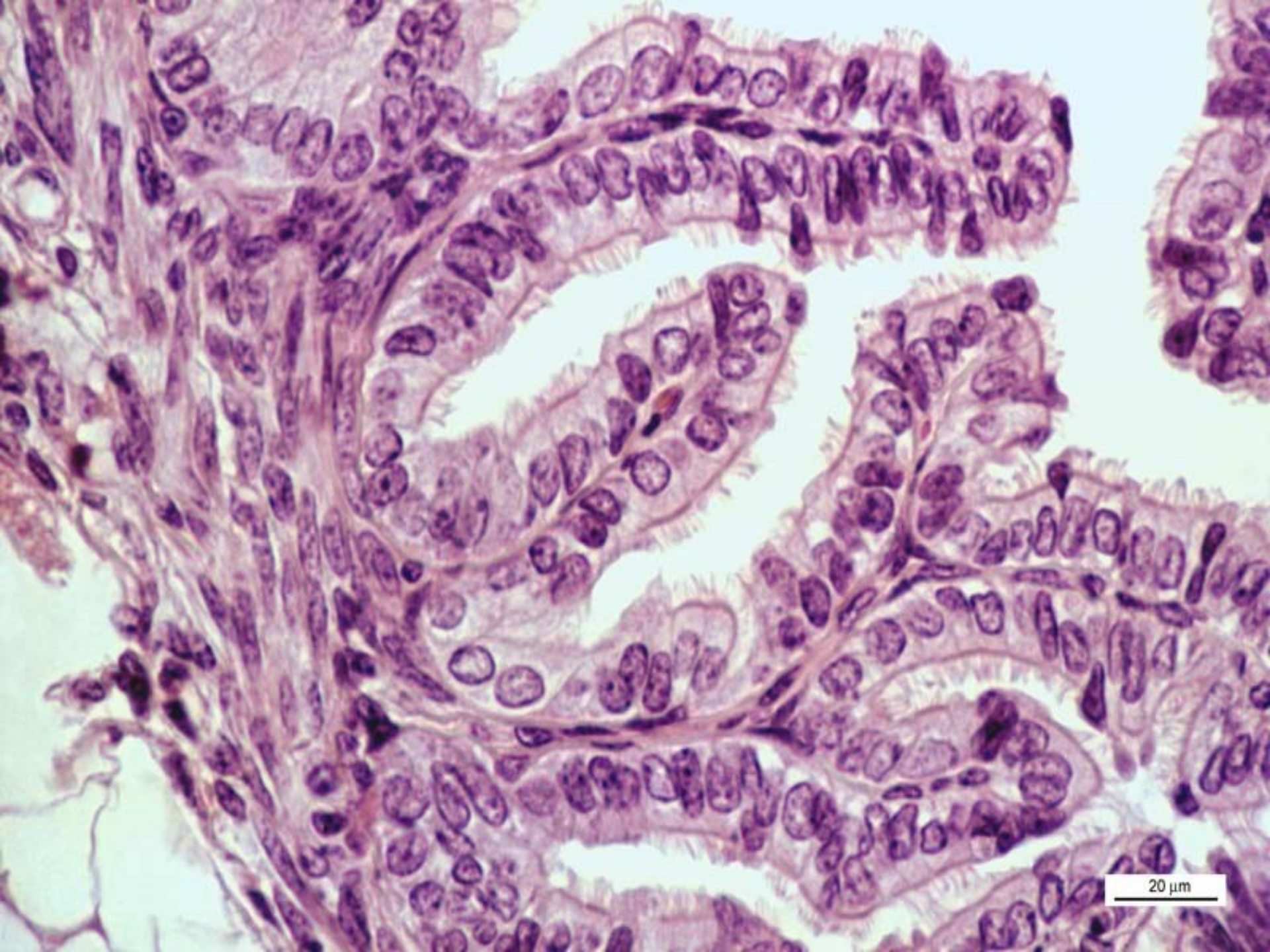
# Řasinky, bičíky



- Pohyblivé výběžky cytoplazmy vyztužené **mikrotubuly**:  
9 dubletů + 1 centrální pár = **AXONEMA**
- **Bazální tělísko** = centriol
- Žíhaná nožka

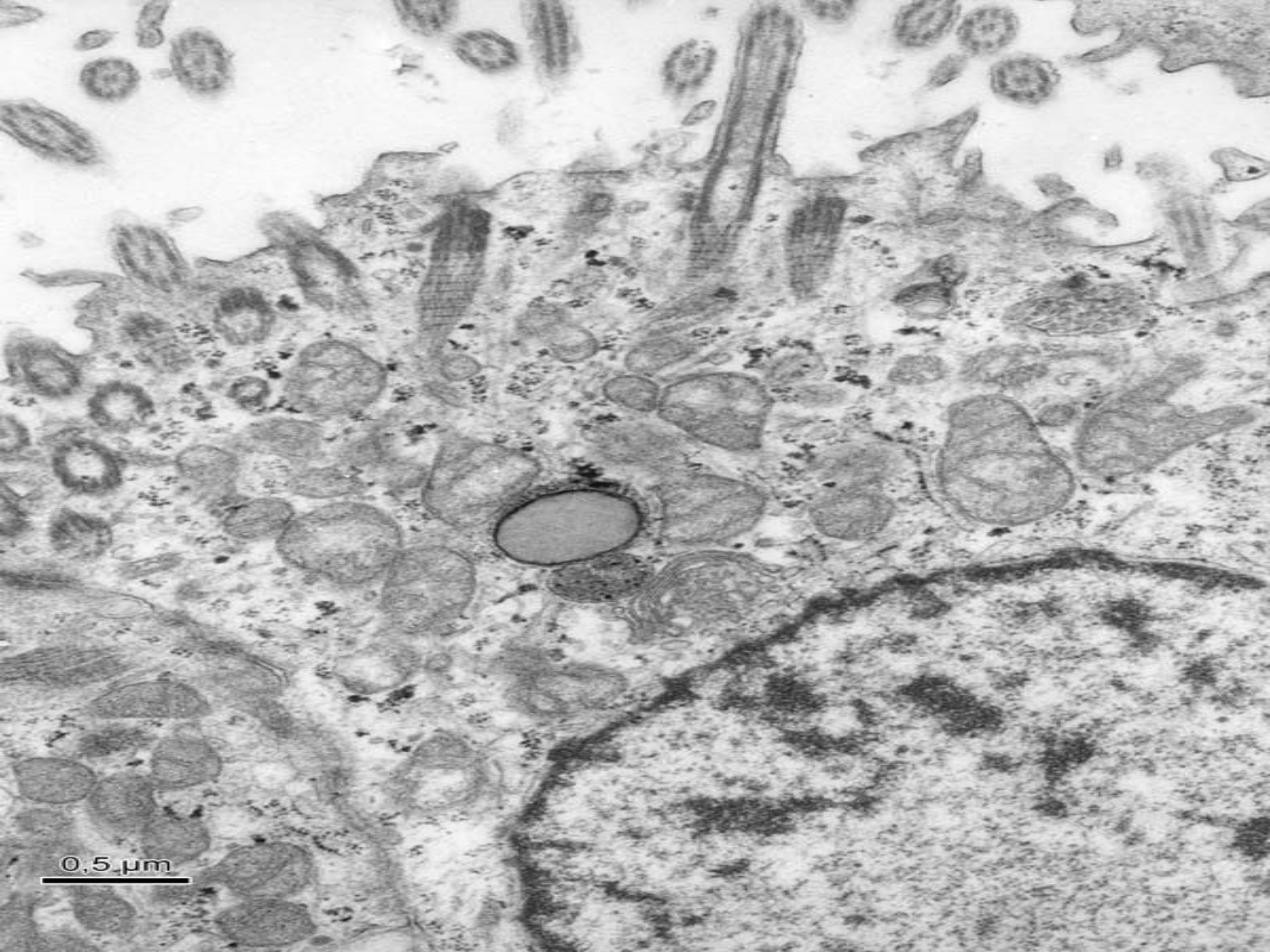






20  $\mu$ m

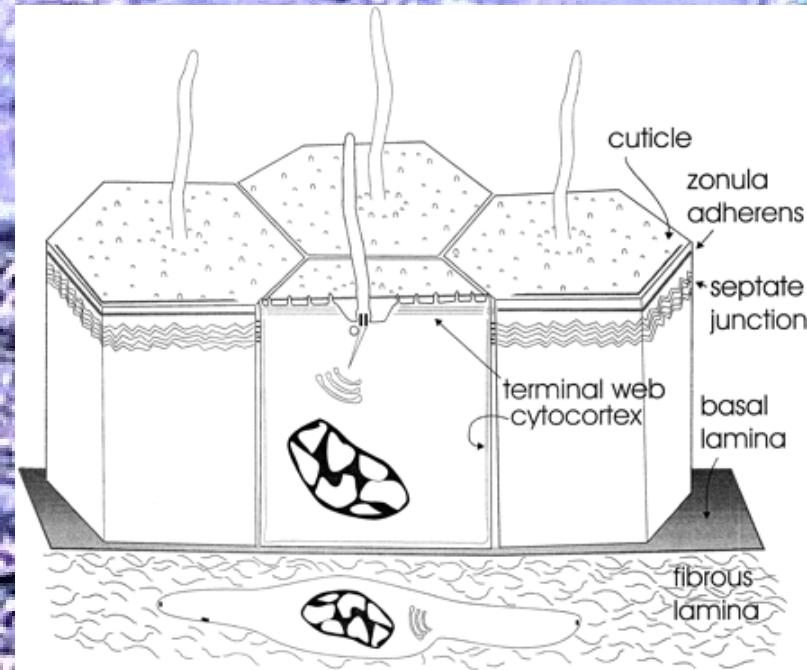
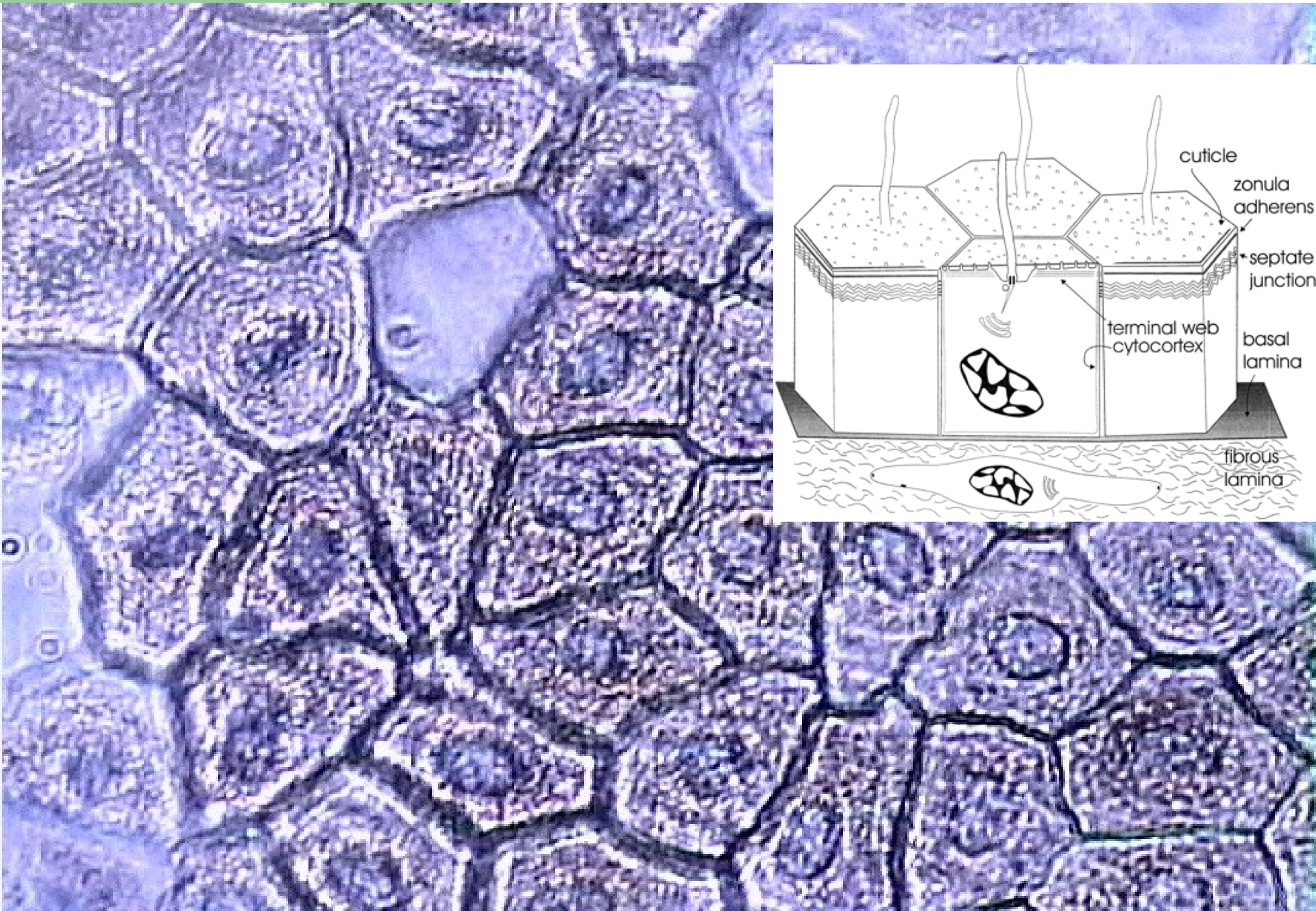




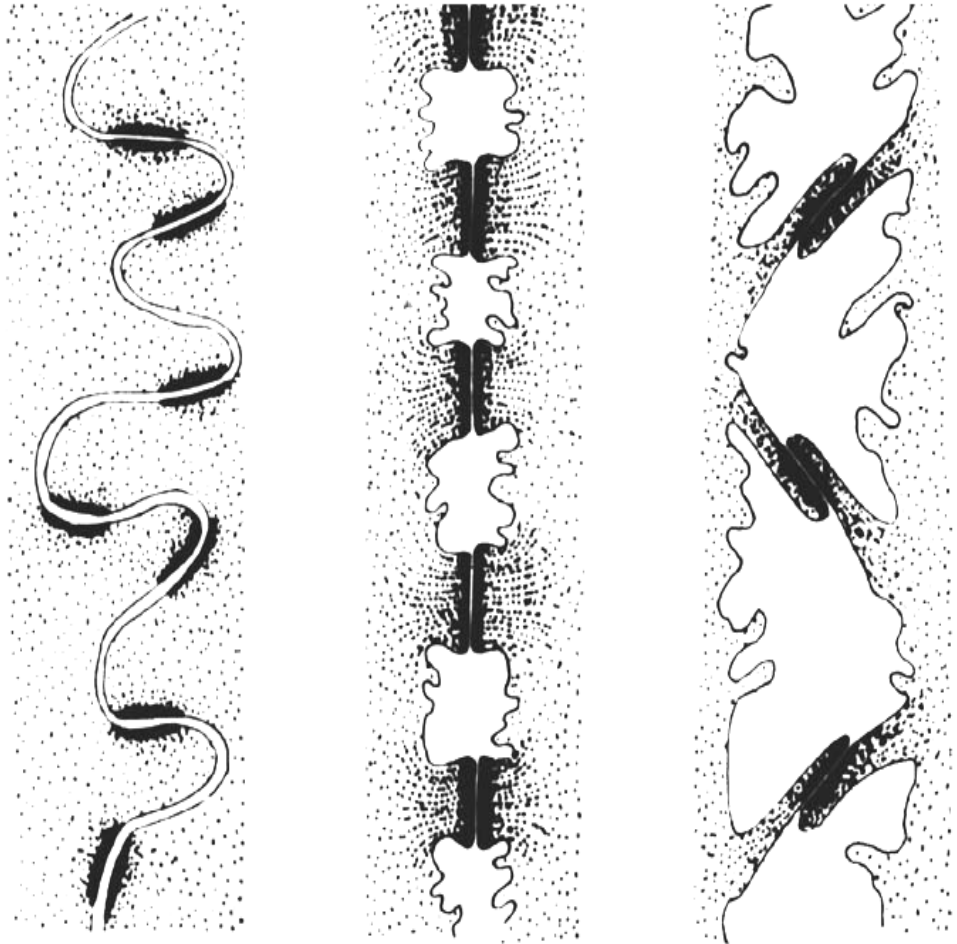
0.5 μm



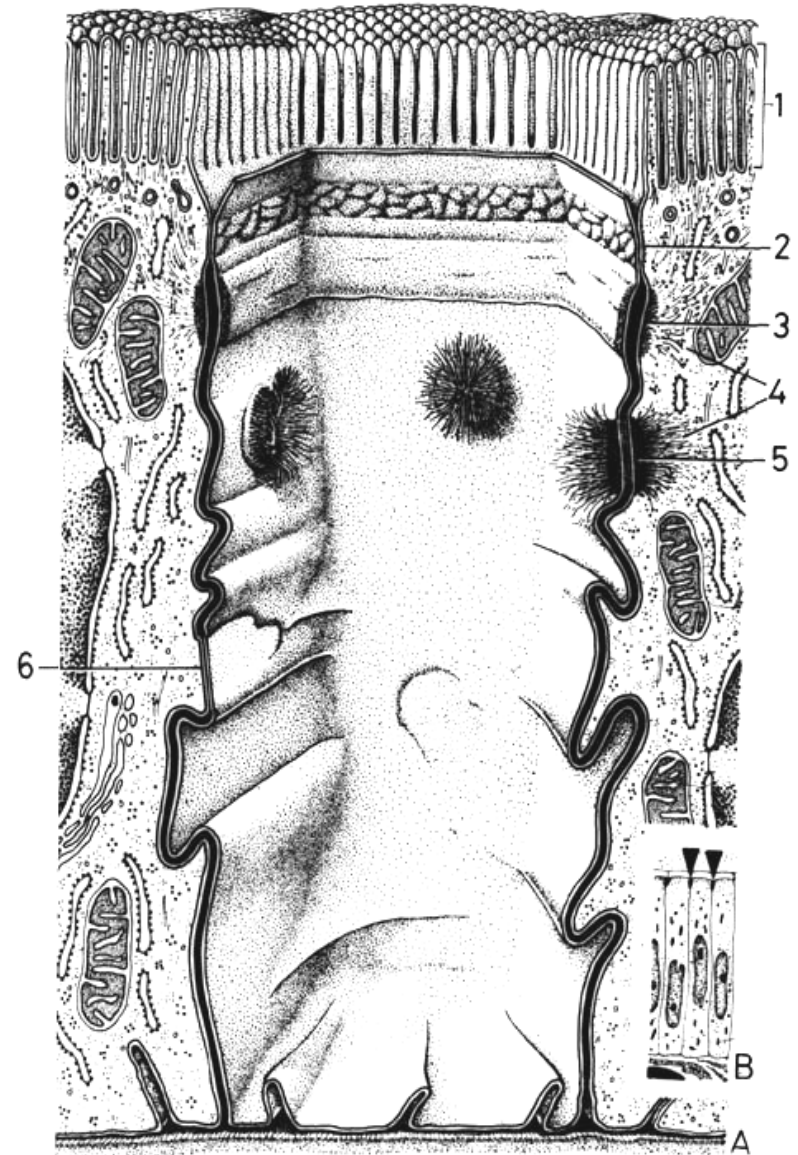
# Mezibuněčná spojení



# Laterální povrchy, intercelulární štěrbina (20 nm); zonulae a maculae

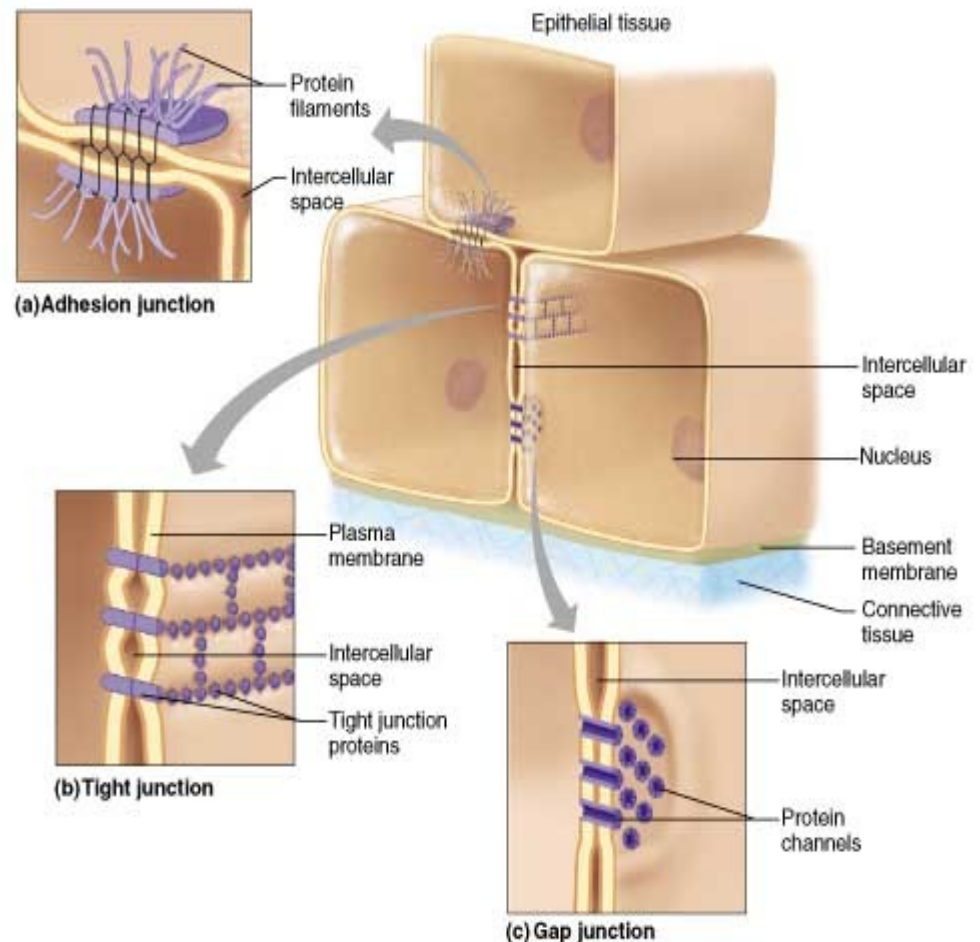


Šířka a tvar intercelulární štěrbiny



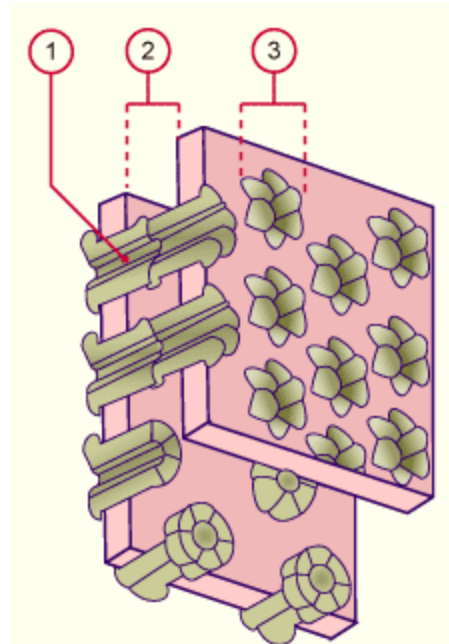
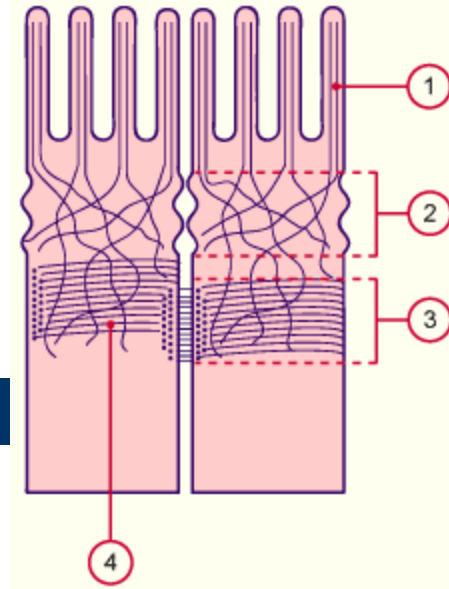
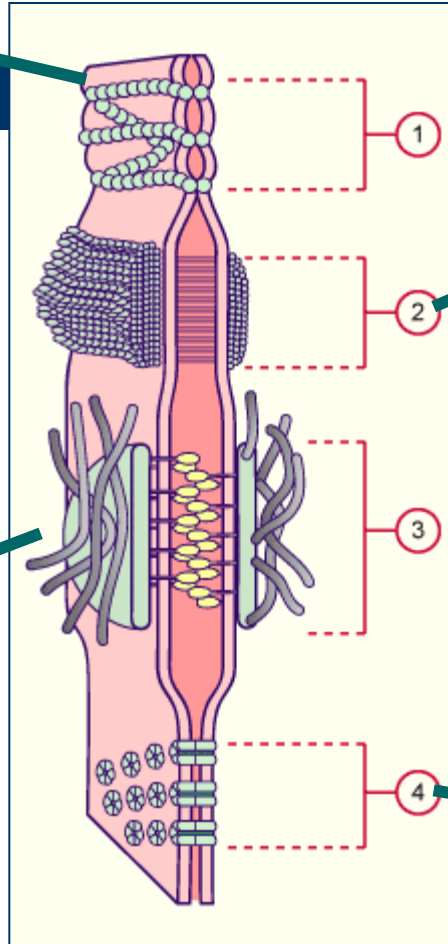
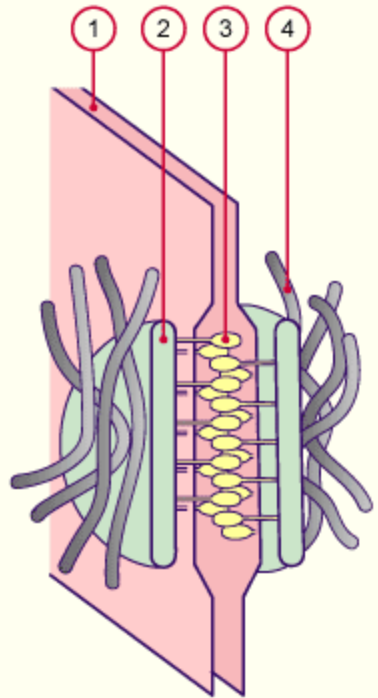
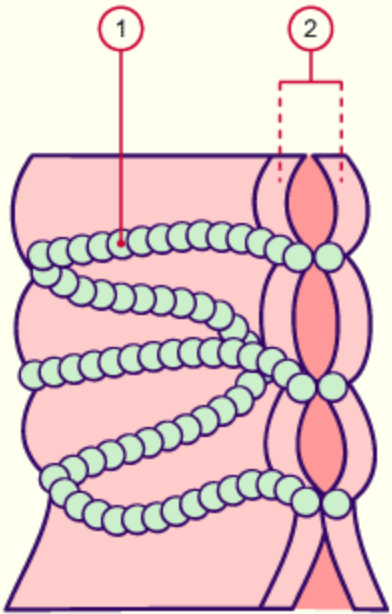
# Intercelulární spoje

- těsná=okluzní: zonula occludens,
- adhezní: zonula adherens, dezmosom (macula adherens),
- komunikační: nexus (gap junction).



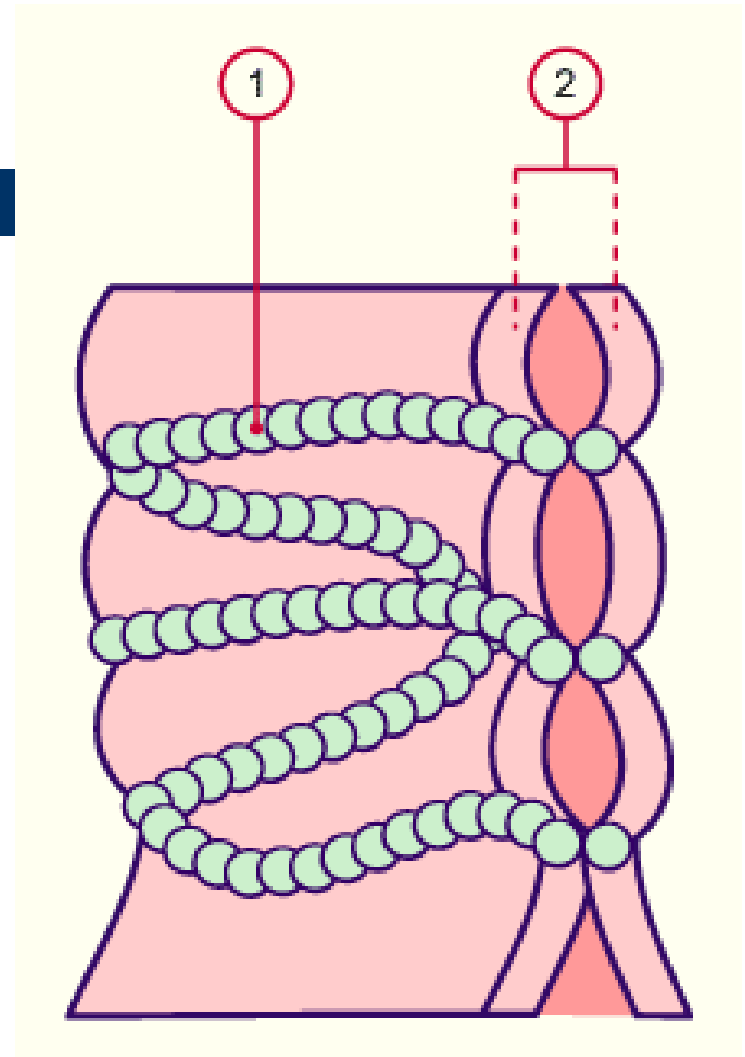


# 1. ZO, 2. ZA, 3. MA, 4. N



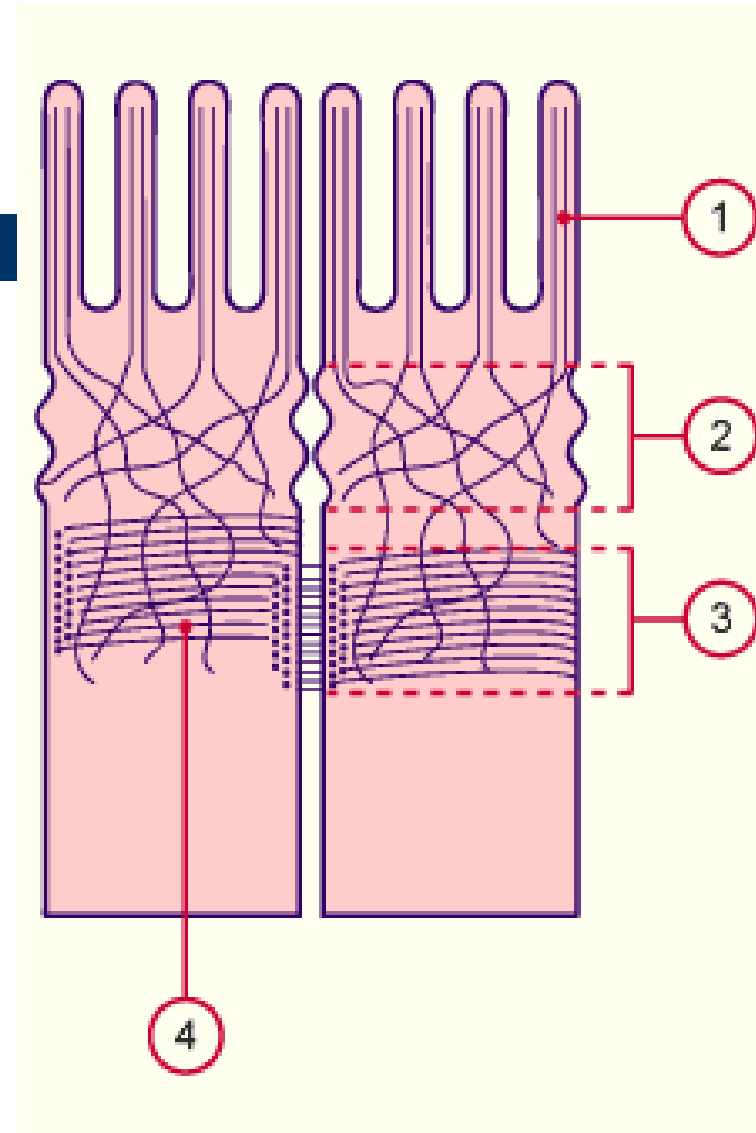
# Zonula occludens

- Těsné pásovité spojení blízko apexu buňky
- Plazmalema sousedních buněk místy splývá (společné integrální proteiny – *klaudin*, *okludin*)
- Funkce: utěsnění intercelulární štěrbin



# Zonula adherens

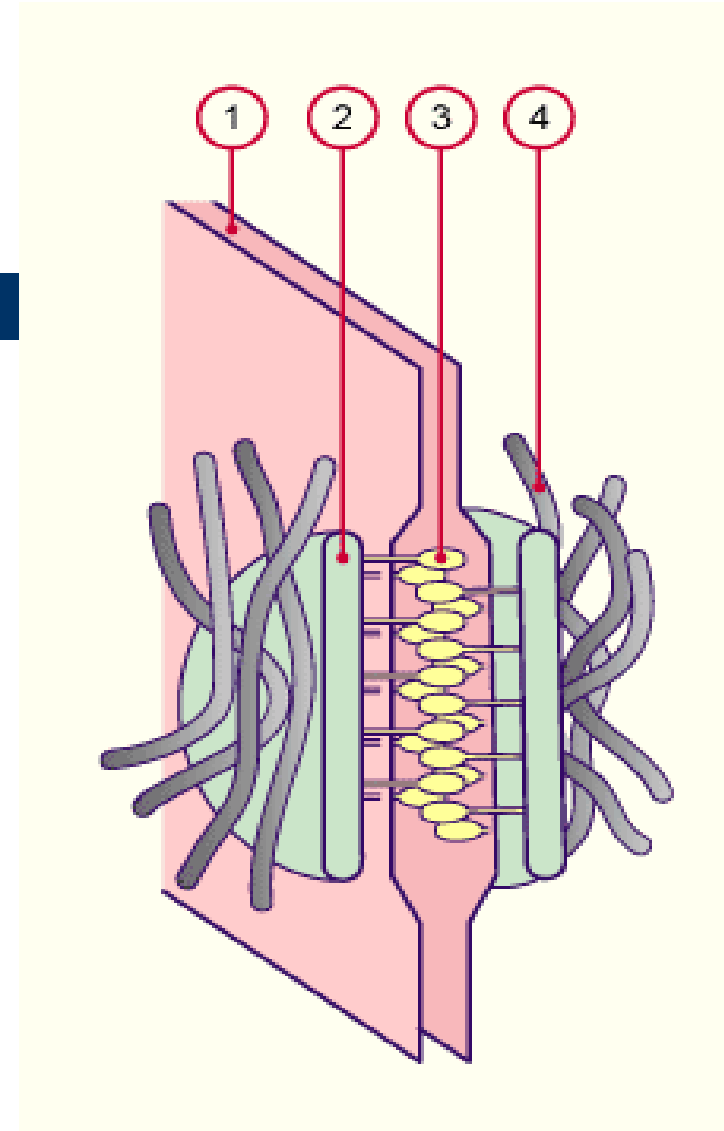
- Pásovité spoj kolem buňky
- Intercel. štěrbina – 20 nm, *kadheriny*
- Aktinová mikrofilamenta (Ø 6 nm)
- Funkce – adheze buněk





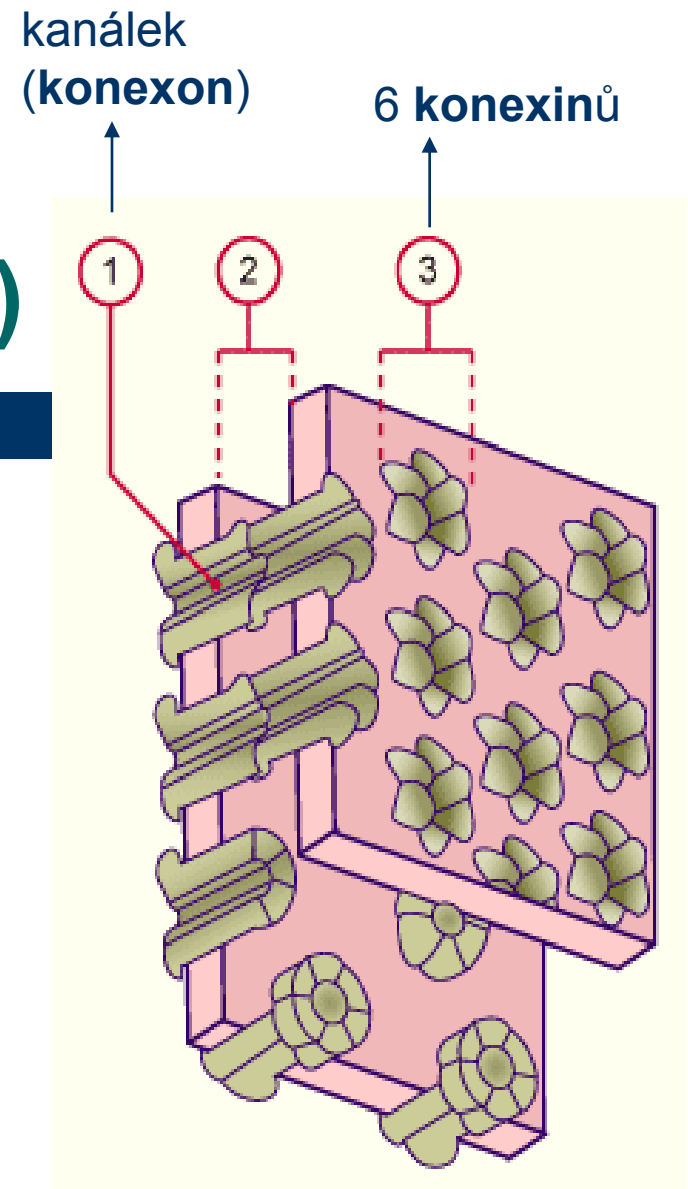
# Dezmosom (macula adherens)

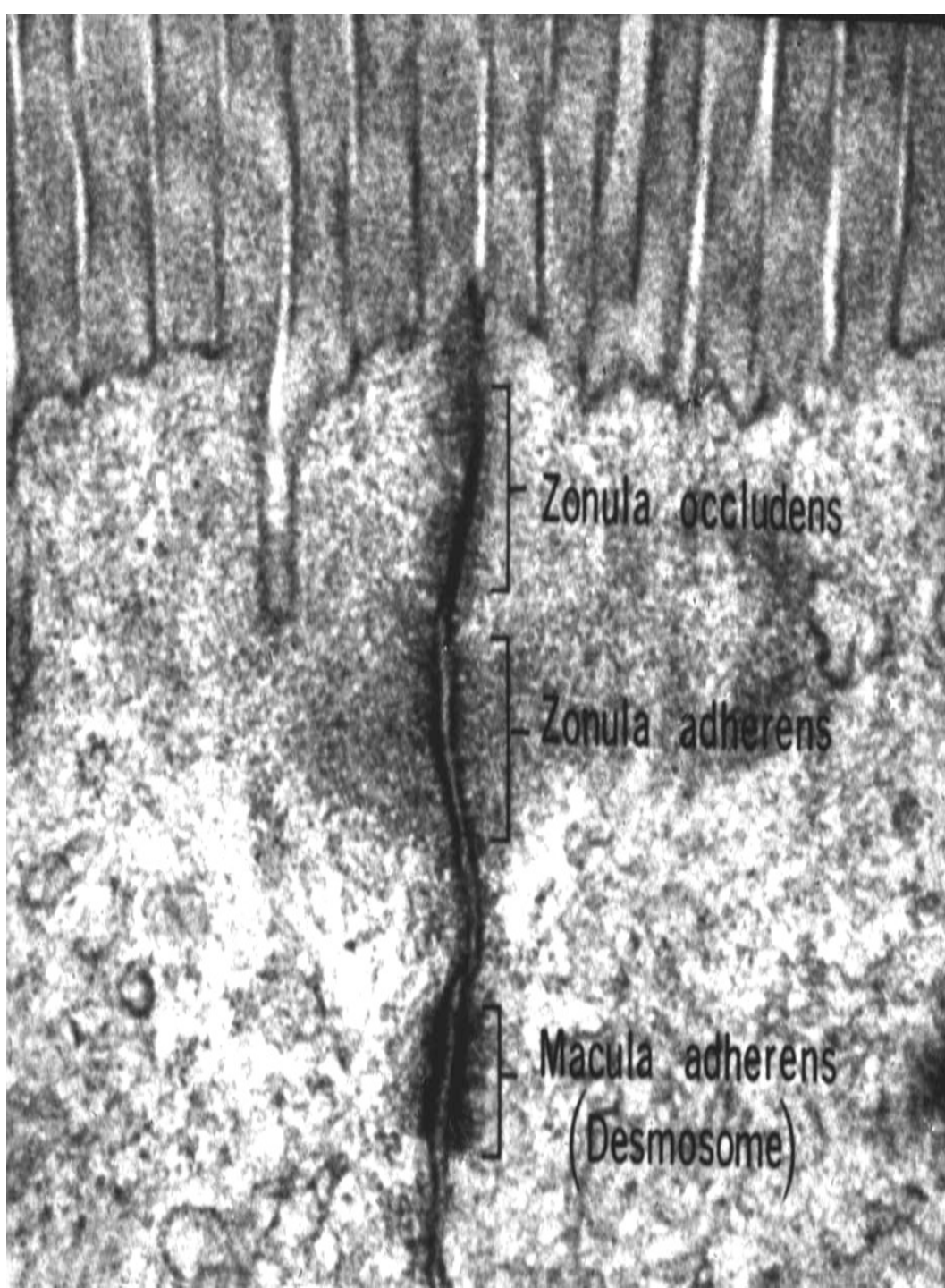
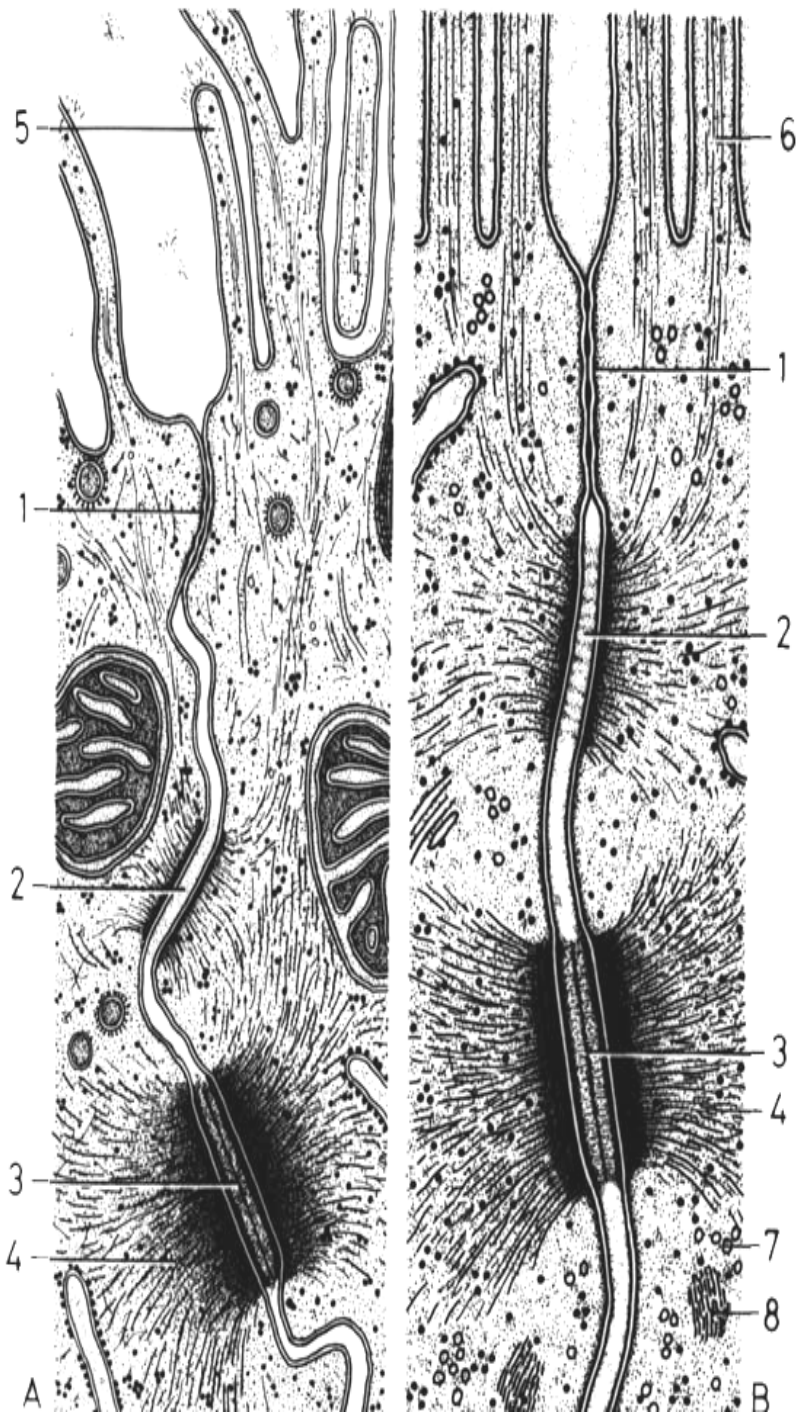
- Diskovitý spoj ( $\text{Ø } 0,3\text{-}0,5 \text{ }\mu\text{m}$ )
- Intercel. štěrbina – 40 nm;  
el.denzní materiál, *kadheriny*
- Tonofilamenta (cytokeratin,  $\text{Ø } 8\text{-}10 \text{ nm}$ ) v el.denzní ploténce
- Funkce - adheze



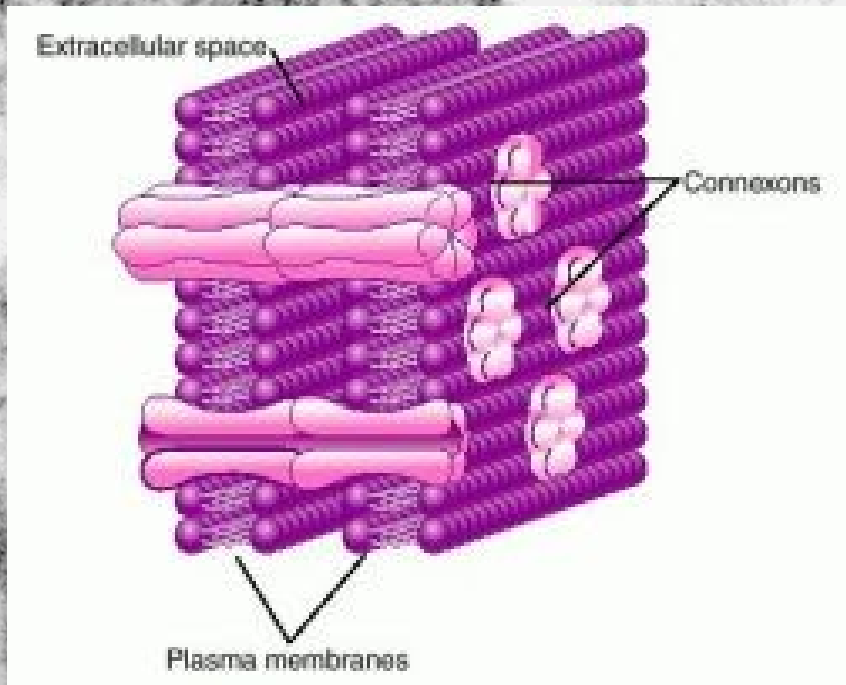
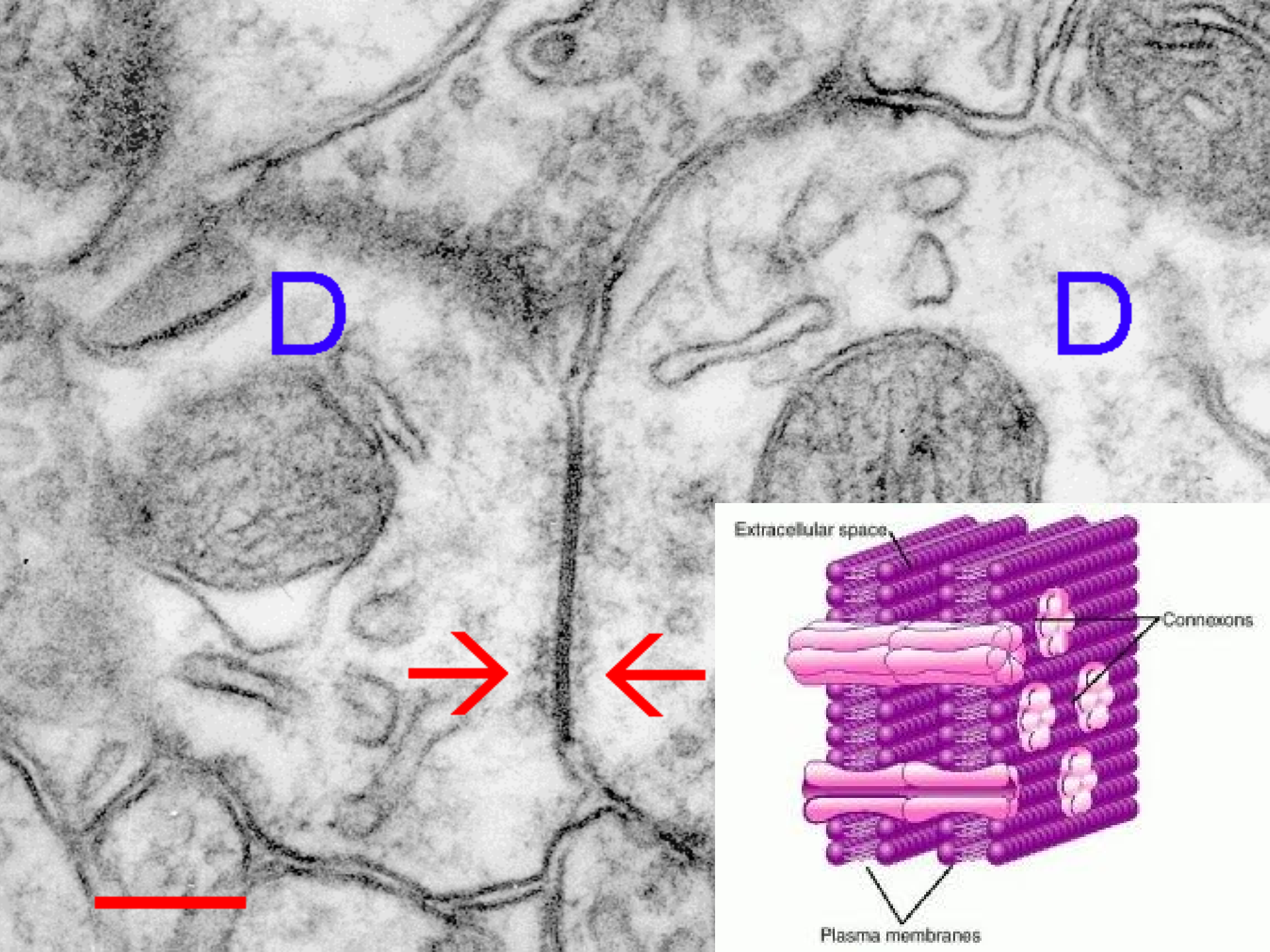
# Nexus (gap junction)

- Plošný „kanálkovitý“ spoj
- InterCel. štěrbina – 2 nm
- Funkce - komunikace





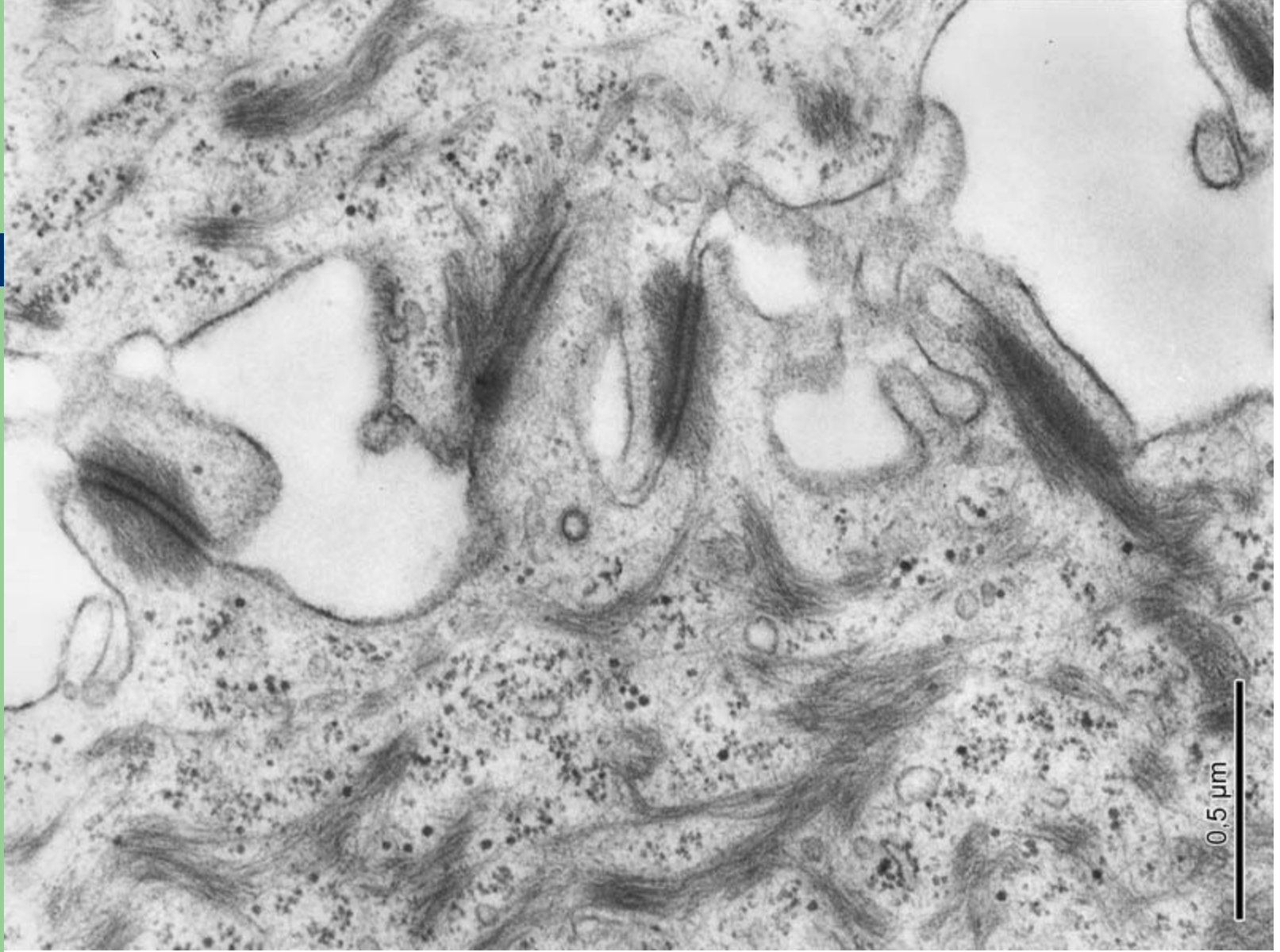






# Mezibuněčná spojení - speciality

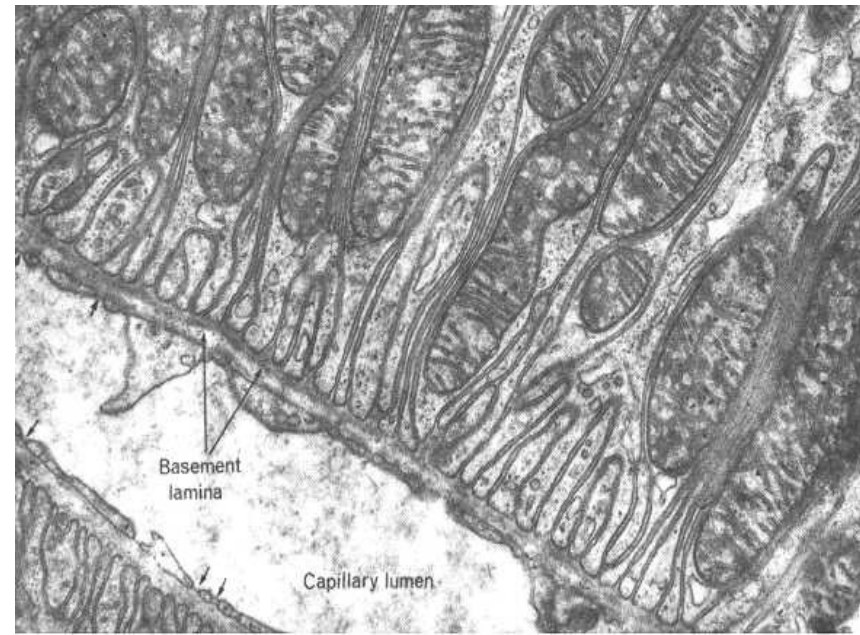
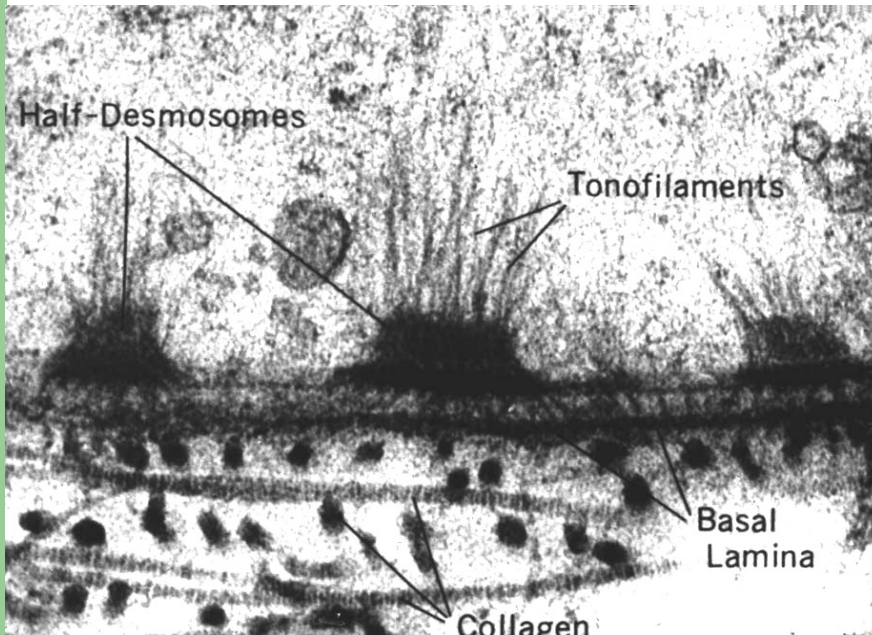
- **Fascia adherens** – v myokardu, obsahují dezmosomy; komunikace „přes nexusy“
- **Spojovací komplex** – kombinace *zonula occludens* (těsnost, pás), *zonula adherens* (pevnost, pás) a *dezmosomů* (body); od apexu k bázi v tomto pořadí, cylindrický epitel
- **Buněčné interdigitace** – na laterální straně buněk, zvětšení povrchu, buňky transportující vodu



0,5 μm

# Bazální povrch

- přivrácen k buňce (*viz výše – laterální povrch, vrst. epitelu*)
- přivácen k lamina basalis:  
*hemidesmosomy*                      *bazální labyrint*

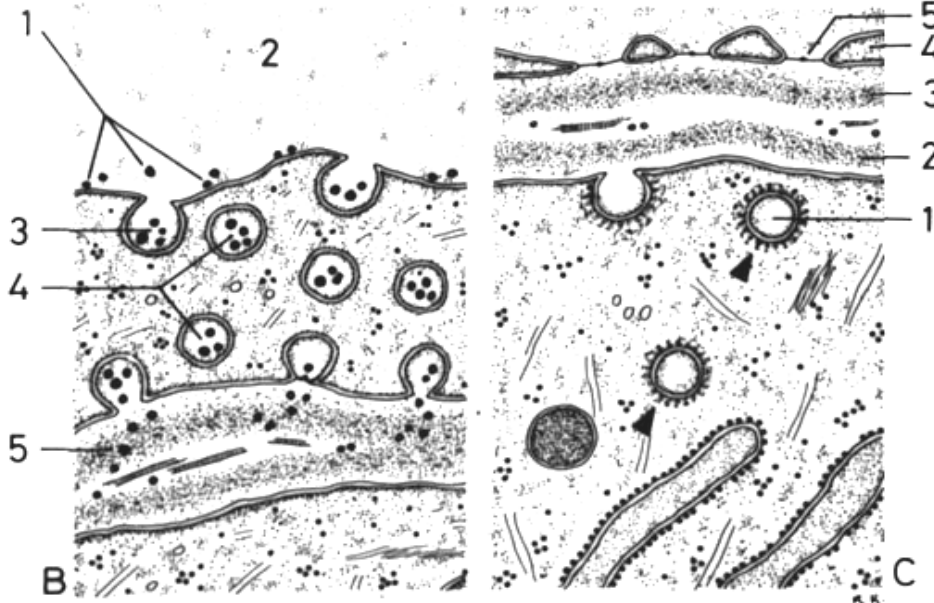
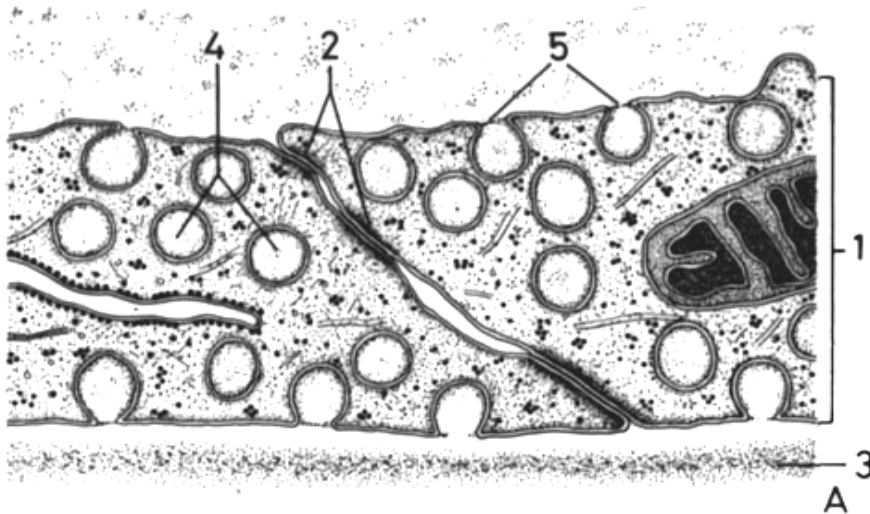




# Životní projevy buňky

- **pohyb** (intracelulární, ameboidní, bičíky a řasinky)
- **výměna látek** (příjem, metabolismus, výdej)
- **dráždivost**
- **růst**
- **rozmnožování – mitóza, meióza**
- **smrt – apoptóza, nekróza**

# transportní mechanizmy



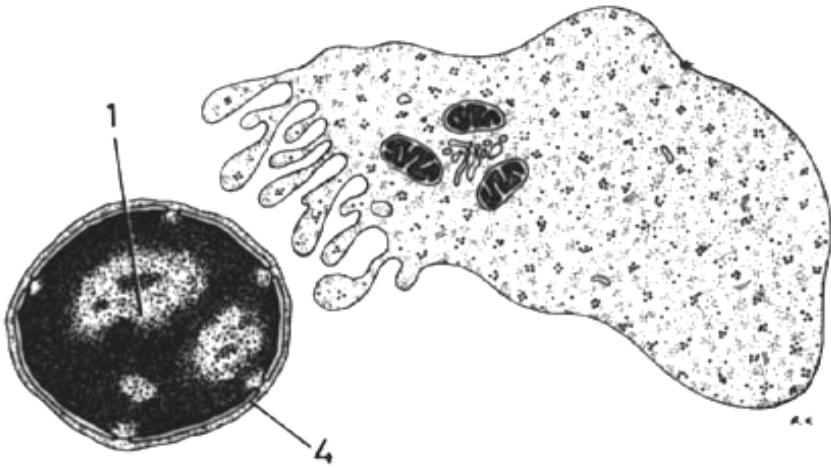
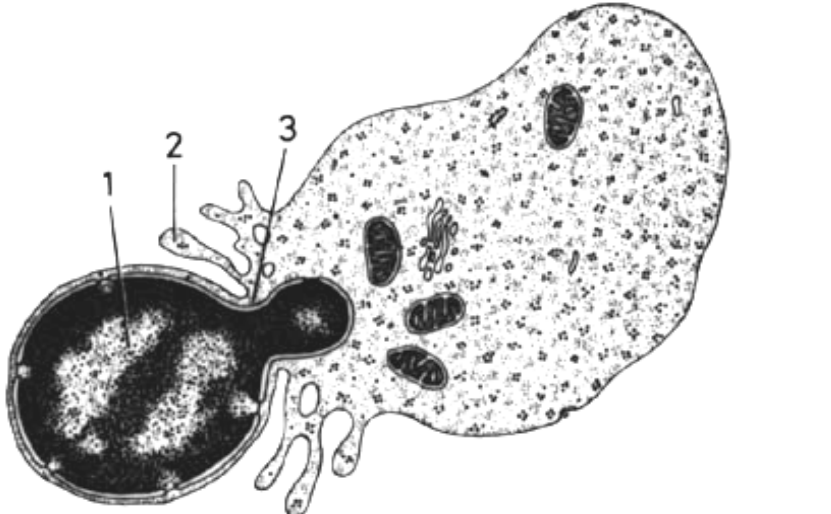
**Endocytóza** → fagocytóza  
→ pinocytóza

*nespecif.  
pinoctárními  
váčky*

*specif.  
„coated  
vesicles“*

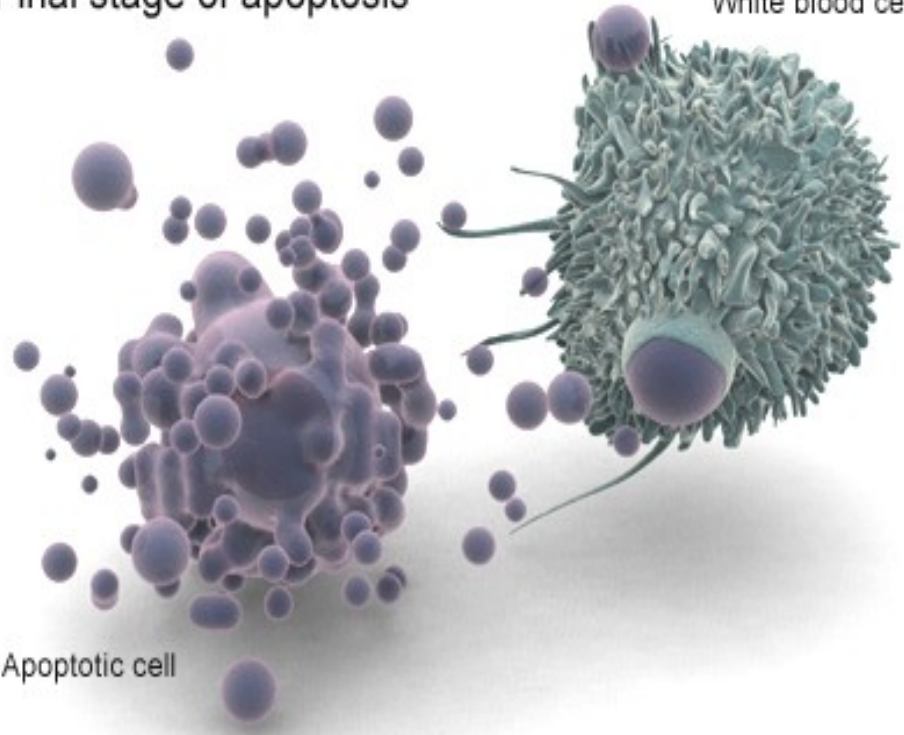
**Exocytóza** – sekrece  
kontinuální a regulovaná

# fagocytóza



Final stage of apoptosis

White blood cell



Apoptotic cell



- Definice a stavba buňky
- Stavba biomembrány
- Základní cytoplazma, cytoskelet
- Povrch buňky, buněčná spojení
- Jádro, chromosomy, jadérko
- Buněčné organely – stavba a funkce
- Buněčné inkluze
- Buněčný cyklus. Mitóza a meióza.
- Diferenciace buněk, vznik tkání

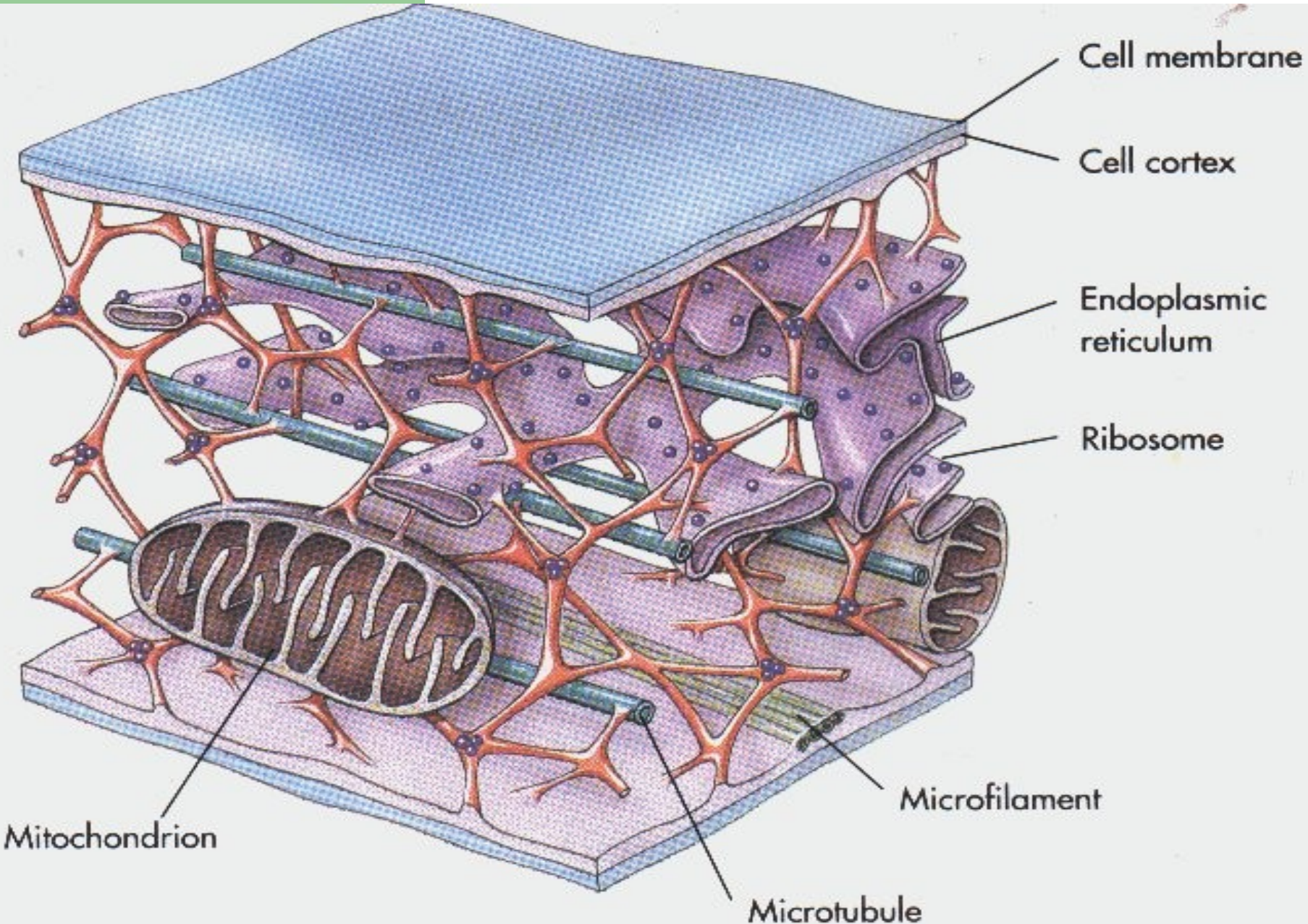


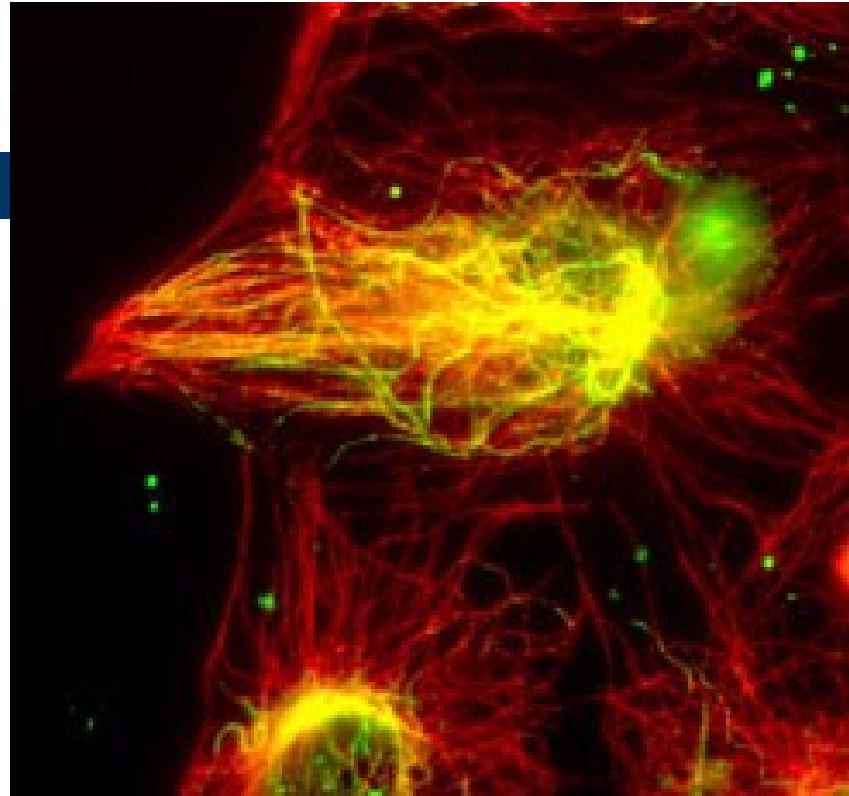
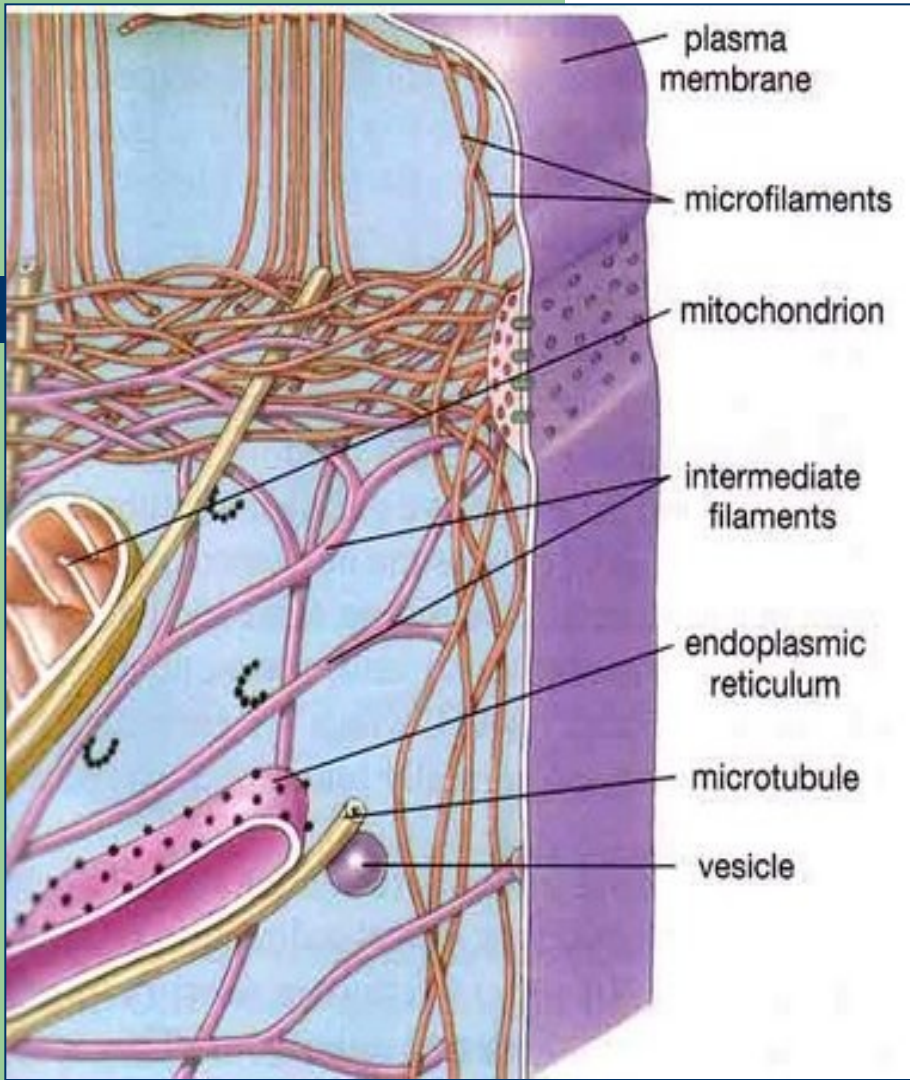
# Cytoskelet

- **mikrotubuly (tubulin, Ø 22 nm)**  
[centrioly, bazální tělíška, axonema řasinek a bičíčků]
- **mikrofilamenta (aktin, Ø 5-7 nm)**  
[subplazmalemální a intracytoplazmatické sítě;  
ve svalových buňkách – aktin + myosin]
- **intermediární filamenta (Ø 8-11 nm) – proteiny:**
  - cytokeratin [tonofilamenta v epitelových bb.]
  - vimentin [v buňkách mezenchymového původu]
  - desmin [ve svalových buňkách]
  - neurofilamenta [v neuronech]
  - gliový fibrilární kyselý protein [v buňkách neuroglie]

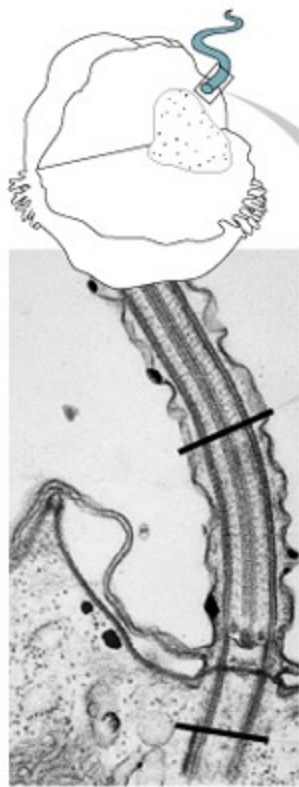


# Cytoskelet



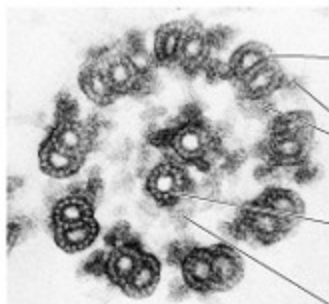




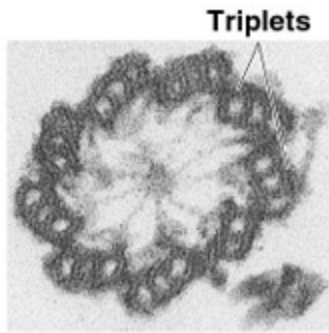


(a) 0.5 μm

©1999 Addison Wesley Longman, Inc.



(b) 0.1 μm



(c) 0.1 μm

